



TESIS - TK185401

**EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI DAUN NILAM
(*Pogostemon cablin* Benth) MENGGUNAKAN
METODE *AIR-HYDRODISTILLATION* DAN *STEAM
DISTILLATION* DENGAN SKALA BESAR**

IQBAL KAMAR
02211650012003

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNOLOGI PROSES
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI DAUN NILAM (*Pogostemon cablin* Benth) MENGGUNAKAN METODE AIR- HYDRODISTILLATION DAN STEAM DISTILLATION DENGAN SKALA BESAR

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di

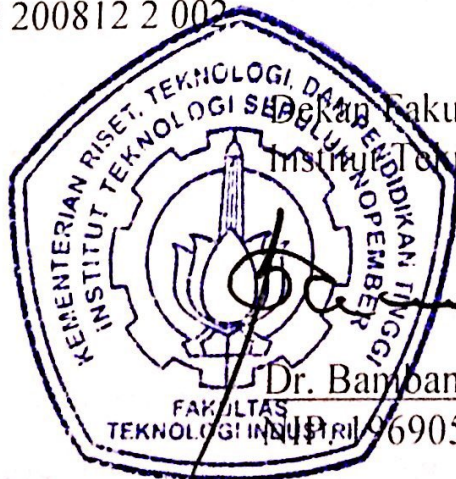
Institut Teknologi Sepuluh November

Oleh:

Iqbal Kamar
NRP. 02211650012003
Tanggal Ujian : 18 Januari 2019
Priode Wisuda : Maret 2019

Disetujui Oleh :

1. Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T. (Pembimbing 1)
NIP. 197609 18 200312 2 002
2. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA (Pembimbing 2)
NIP. 196108 02 198601 1 001
3. Siti Nurkhamidah, S.T, M.S, Ph.D (Penguji 1)
NIP. 198405 08 200912 2 004
4. Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc (Penguji 2)
NIP. 195108 04 197412 1 001
5. Siti Zullaikah, S.T., M.T., PhD (Penguji 3)
NIP. 197807 16 200812 2 002



Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh November

Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, S.T., M.T
NIP. 19690507 199512 1 001

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tesis dengan judul:

**“Ekstraksi Minyak Atsiri Dari Daun Nilam (*Pogostemon cablin* Benth)
Menggunakan Metode *Air-Hydrodistillation* dan *Steam Distillation* dengan
Skala Besar”**

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih atas segala bantuannya dalam penyelesaian Laporan Tesis ini kepada:

1. Ibu Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I,
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA, selaku Dosen Pembimbing II dan juga Kepala Laboratorium Teknologi Proses Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
3. Bapak Juwari, S.T, M.Eng, Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
4. Bapak Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
5. Kedua orang tua tercinta serta seluruh keluarga penulis atas doa dan dukungan dalam penyelesaian Laporan Tesis ini,
6. Rekan-rekan Pascasarjana dan Strata 1 (S-1) Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
7. Rekan-rekan Pascasarjana dan Strata 1 (S-1) Laboratorium Teknologi Proses Kimia, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
8. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
9. Keluarga besar Institut Teknologi Sepuluh Nopember serta semua pihak lain yang terlibat dalam penyusunan laporan Tesis ini hingga selesai, yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis merasa masih terdapat banyak kekurangan dalam naskah laporan Tesis ini, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik untuk kesempurnaan Laporan Tesis ini.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

**“EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI DAUN NILAM
(*Pogostemon cablin* Benth) MENGGUNAKAN METODE *AIR-
HYDRODISTILLATION* DAN *STEAM DISTILLATION* DENGAN
SKALA BESAR”**

Nama Mahasiswa : Iqbal Kamar
NRP : 02211650012003
Pembimbing I : Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T
Pembimbing II : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

ABSTRAK

Minyak nilam termasuk satu minyak yang banyak digunakan dalam industri kosmetik, obat-obatan, makanan, dan minuman. Umumnya para petani nilam sering menghadapi kendala pada proses ekstraksi minyak nilam. Saat ini para petani masih menggunakan metode *steam distillation* untuk mengekstrak minyak nilam. Sehingga diperlukan sebuah inovasi terbaru yang dapat digunakan untuk mengekstrak minyak nilam. Pada penelitian ini nantinya akan menggunakan penambahan aliran udara sebagai inovasi agar dapat mempercepat proses ekstraksi dan meningkatkan jumlah *yield*.

Tujuan dalam penelitian ini adalah mempelajari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap metode *air-hydrodistillation* dan *steam distillation*, yang meliputi lama waktu ekstraksi, rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut atau *distiller* yang digunakan, kondisi bahan baku yang akan diekstrak, serta pengaruh dari ada tidaknya penambahan udara pada metode *air-hydrodistillation* terhadap *yield* dan *recovery* minyak yang dihasilkan. Selain itu dalam penelitian ini juga ditentukan model kinetika untuk ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* dan *steam distillation*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dalam kondisi segar dan kering serta dengan ukuran daun utuh dan cacah (± 1 cm). Pada ekstraksi dengan metode *hydrodistillation*, *air-hydrodistillation* dan *steam distillation*, rasio bahan baku terhadap *solvent*: 0,025; 0,050; 0,075; 0,100 dan 0,150 g/mL serta waktu ekstraksi selama 8 jam dengan waktu pengamatan setiap 1 jam. Untuk ekstraksi dengan metode *air-hydrodistillation* laju aliran udara yang digunakan adalah 0, 3, 5, 7 dan 10 L/min.

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa secara umum Ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *steam distillation* dari daun nilam kering (utuh dan cacah) menghasilkan *yield* yang tinggi bila dibandingkan menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation*. Kondisi operasi yang optimal untuk ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *hydrodistillation* diperoleh ketika

menggunakan daun nilam dengan kondisi kering cacah (± 1 cm) dan F/S ratio 0,025 g/mL. Sedangkan kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daun nilam dengan kondisi segar cacah (± 1 cm) dan F/S ratio 0,100 g/mL. Untuk metode *air-hydrodistillation*, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daun nilam dengan kondisi kering cacah (± 1 cm), F/S ratio 0,100 g/mL, dan laju aliran udara 3 L/min. Sedangkan kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daun nilam dengan kondisi segar cacah (± 1 cm), rasio antara massa bahan baku terhadap *volume solvent* (F/S) 0,100 g/mL, dan laju aliran udara 5 L/min. Dengan adanya penambahan aliran udara mampu meningkatkan jumlah *yield* dan akumulasi *recovery* minyak yang diperoleh, namun laju alirnya juga harus disesuaikan dengan karakteristik bahan. Dimana laju aliran udara yang optimal untuk ekstraksi minyak nilam baik dari daun nilam segar (utuh) 5 L/min dan kering (cacah) yaitu 3 L/min dengan F/S ratio 0,100 g/mL. Serta model kinetika orde dua lebih dapat merepresentasikan secara baik hasil eksperimen dari ekstraksi minyak nilam dengan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* apabila dibandingkan dengan model kinetika orde satu.

Berdasarkan hasil pengujian terhadap sifat fisik dari minyak nilam menunjukkan bahwa minyak nilam yang diperoleh dengan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* memiliki kualitas (berat jenis dan kelarutan dalam alkohol) yang sama. Sedangkan pengujian terhadap sifat kimia pada minyak nilam menunjukkan bahwa kadar patchouli alcohol dari minyak nilam yang diperoleh dengan metode *air-hydrodistillation* daun cacah yaitu 46,23% lebih besar jika dibandingkan dengan yang diperoleh menggunakan metode dengan metode *hydrodistillation* daun cacah yaitu 44,88%. Berdasarkan hasil pengujian terhadap sifat fisik dan kimia, minyak nilam hasil ekstraksi menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* telah sesuai dengan standar kualitas SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757 : 2002.

Kata kunci: *hydrodistillation*, *air-hydrodistillation*, *steam distillation*, ekstraksi, minyak nilam, pemodelan kinetika

“EXTRACTION OF ESSENTIAL OIL FROM PATCHOULI LEAVES (*Pogostemon cablin* Benth) USING AIR-HYDRODISTILLATION AND STEAM DISTILLATION METHODS WITH BIG SCALE”

NAME : Iqbal Kamar
Student Identity Number : 02211650012003
Advisor I : Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T
Advisor II : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

ABSTRACT

Patchouli oil is an oil that is widely used in various industries, such as cosmetics, pharmaceutical, food, and beverage industry. Generally, farmers often find constraints on the process of extracting patchouli oil. Currently, farmers are still using the steam distillation method to extract patchouli oil. So it takes a new innovation that can be used to extract patchouli oil. This research will use the addition of airflow as an innovation in order to speed up the extraction process and increase of yield.

The purpose of this research is to study the factors that influence the air-hydrodistillation and steam distillation methods, which include extraction time, the ratio of raw material to be extracted with a solvent or the distiller used, condition of the raw materials to be extracted, and the influence of the presence or absence of additional of airflow in air-hydrodistillation method to the yield and recovery of oil produced. Additionally in this study also determined the kinetics models for the extraction of patchouli oil by using the air-hydrodistillation and steam distillation methods.

*Material used in the study include patchouli leaves (*Pogostemon cablin* Benth) in fresh and dry condition. In the extraction with air- hydrodistillation and steam distillation methods, the ratio of raw material to be extracted with a solvent was: 0,025; 0,050; 0,075; 0,100 and 0,150 g/mL and the extraction time for 8 hours with the observation time every 1 hours. For extraction with air-hydrodistillation method, air flow rate used was 0, 3, 5, 7 and 10 L/min.*

The results of the study, it can be seen that in general the extraction of patchouli oil using the steam distillation method from dried patchouli leaves (whole and chopped) produces high yield compared to using the hydrodistillation and air-hydrodistillation methods. The optimal operating conditions for extracting patchouli oil using the hydrodistillation method were obtained when using patchouli leaves with chopped dry conditions (± 1 cm) and F/S ratio of 0.025 g / mL. While the optimal operating conditions were obtained when using patchouli leaves with fresh chopped conditions (± 1 cm) and F/S ratio of 0.100 g/mL. For the

air-hydrodistillation method, optimal operating conditions were obtained when using patchouli leaves with chopped dry conditions (± 1 cm), F/S ratio of 0.100 g/mL, and air flow rate of 3 L/min. Whereas the optimal operating conditions were obtained when using patchouli leaves with fresh chopped conditions (± 1 cm), the ratio between the mass of raw materials to solvent volume (F/S) 0.100 g/mL, and air flow rate of 5 L/min. With the addition of air flow can increase the amount of yield and accumulated oil recovery obtained, but the flow rate must also be adjusted to the characteristics of the material. Where the optimal air flow rate for the extraction of patchouli oil from both fresh (whole) patchouli leaves 5 L/min and dry (chopped) is 3 L/min with an F/S ratio of 0.100 g/mL. As well as the second order kinetics model, it can better represent the experimental results of patchouli oil extraction using hydrodistillation and air-hydrodistillation methods when compared to first-order kinetic models.

Based on the test for physical properties of patchouli oil showed that the essential oil obtained using hydrodistillation and air-hydrodistillation methods have the same quality (density and solubility in alcohol). While the testing of the chemical properties of patchouli oil showed that patchouli alcohol levels from patchouli oil obtained by chopped leaf air-hydrodistillation method were 46.23% greater than those obtained using the method of chopped leaf hydrodistillation method which was 44.88%. Based on test result on physical and chemical properties, patchouli oil extracted using hydrodistillation and air-hydrodistillation methods have been in accordance with quality standards SNI 06-2385-2006 and ISO 3757: 2002.

Keywords: *hydrodistillation, air-hydrodistillation, steam distillation, patchouli oil, extraction, patchouli oil, kinetic modelling*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHANii

KATA PENGANTAR..... 1

ABSTRAK v

ABSTRACTvii

DAFTAR ISI.....ix

DAFTAR GAMBAR.....xii

DAFTAR TABEL.....xvi

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Rumusan Masalah 5

1.3 Tujuan Penelitian..... 7

1.4 Manfaat Penelitian..... 7

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....8

2.1 Tinjauan Umum Nilam (*Pogostemon cablin* Benth).....8

2.1.1 Klasifikasi.....8

2.2 Minyak Nilam..... 10

2.2.1 Karakteristik Minyak Nilam..... 10

2.2.2 Standar Mutu Minyak Nilam 12

2.3 Proses Pengambilan Minyak Atsiri 13

2.3.1 Ekstraksi 13

2.3.2 Metode Destilasi..... 14

2.4 Scale Up..... 16

2.5 Pemodelan Kinetika pada Proses Ekstraksi..... 19

2.5.1 Model Kinetika Orde Satu..... 19

2.5.2 Model Kinetika Orde Dua 19

2.6 Penelitian Terdahulu..... 20

BAB 3 METODELOGI PENELITIAN	24
3.1 Rancangan Penelitian	24
3.2 Bahan dan Alat	24
3.2.1 Bahan.....	24
3.2.2 Peralatan yang Digunakan.....	25
3.3 Prosedur Penelitian.....	28
3.3.1 Metode <i>Air-Hydrodistillation</i>	28
3.3.2 Metode <i>Steam Distillation</i>	29
3.4 Diagram Prosedur Penelitian.....	30
3.5 Kondisi Operasi dan Variabel Penelitian	32
3.5.1 Kondisi Operasi	32
3.5.2 Variabel Penelitian	32
3.6 Besaran yang Diukur dan Analisa terhadap Minyak Atsiri	32
3.7 Analisa Minyak Nilam.....	33
3.7.1 Berat Jenis	33
3.7.2 Kelarutan dalam Alkohol	34
3.7.3 Analisa GC-MS	34
3.7.4 Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy)	35
3.8 Pemodelan Matematika	35
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	 36
4.1 Kondisi Operasi pada Proses Ekstraksi Minyak Atsiri dari Daun Nilam	36
4.2 Parameter yang Berpengaruh pada Ekstraksi Minyak Nilam dengan Metode <i>Hydrodistillation</i> dan <i>Air-hydrodistillation</i>	38
4.2.1 Pengaruh kadar air terhadap <i>yield</i> minyak nilam	38
4.2.2 Pengaruh Rasio Antara Massa Bahan Baku dengan <i>Volume Solvent</i> terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam Menggunakan Metode <i>Hydrodistillation</i>	41
4.2.3 Pengaruh Ukuran Bahan Baku terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam	44
4.2.4 Pengaruh Metode Ekstraksi terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam	46

4.2.5 Pengaruh Laju Alir Udara pada Metode <i>Air-Hydrodistillation</i> Terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam.....	49
4.2.6 Pengaruh Rasio Terhadap Metode Ekstraksi yang Digunakan.....	51
4.2.7 Perbandingan Metode <i>Hidrodistillation</i> pada Skala Laboratorium dan Skala Pilot terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam ..	54
4.2.8 Perbandingan <i>Recovery</i> pada Ekstraksi Minyak Nilam dengan Metode <i>Air-Hydrodistillation</i> dan <i>Hydrodistillation</i> ..	56
4.3 Pemodelan Kinetika pada Ekstraksi Minyak Nilam dengan Metode <i>Air-Hydrodistillation</i>	58
4.3.1 Kinetika Orde 1	58
4.3.2 Kinetika Orde Dua.....	63
4.4 Hasil Analisa Sifat Fisika dan Kimia Minyak Nilam.....	76
4.4.1 Berat Jenis Hasil Analisa Fisik Minyak Nilam yang diperoleh dengan Metode <i>Hydrodistillation</i> dan <i>Air-hydrodistillation</i>	77
4.4.2 Hasil Analisa GC-MS Minyak Nilam yang diperoleh dengan Metode <i>Hydrodistillation</i> dan <i>Air-hydrodistillation</i>	80
4.4.3 Hasil Analisa SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>) Minyak Nilam yang diperoleh dengan Metode <i>hydrodistillation</i> dan <i>air-hydrodistillation</i>	86
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	92
5.1 Kesimpulan.....	92
5.2 Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISA.....	102
LAMPIRAN B HASIL ANALISA KOMPONEN DENGAN GC-MS	106
LAMPIRAN C HASIL ANALISA SEM.....	114
BIOGRAFI PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman nilam (<i>Pogostemon cablin</i> Benth)	8
Gambar 2.2 Tanaman nilam (<i>Pogostemon cablin</i> Benth) dengan bunga berwarna putih.....	8
Gambar 2.3 Struktur <i>patchouli alcohol</i> ($C_{15}H_{26}O$).....	11
Gambar 2.4 Destilasi dengan air (<i>hydrodistillation</i>)	14
Gambar 2.5 Destilasi dengan uap dan air (<i>steam-hydro distillation</i>)	15
Gambar 2.6 Destilasi dengan uap (<i>steam distillation</i>).....	16
Gambar 2.7 Pengembangan alat dalam berbagai ukuran atau skala.....	18
Gambar 3.1 Skema peralatan untuk metode <i>air-hydrodistillation</i>	21
Gambar 3.2 Peralatan untuk metode <i>steam distillation</i>	23
Gambar 3.3. Diagram prosedur penelitian untuk ekstraksi minyak nilam dengan metode <i>air-hydrodistillation</i>	26
Gambar 3.4. Diagram prosedur penelitian untuk ekstraksi minyak nilam dengan metode <i>steam distillation</i>	27
Gambar 4.1 Pengaruh kondisi bahan terhadap <i>yield</i> minyak nilam dengan metode metode <i>air-hydrodistillation</i> ($F = 5$ L/min daun segar dan $F = 3$ L/min daun kering, $F/S = 0,100$ g/mL, dan $t = 480$ min)	40
Gambar 4.2 Pengaruh rasio antara massa bahan baku dengan <i>volume solvent</i> terhadap <i>yield</i> minyak nilam menggunakan metode <i>hydrodistillation</i> (daun nilam kering, $t = 480$ min).....	42
Gambar 4.3 Pengaruh ukuran bahan baku terhadap <i>yield</i> minyak nilam yang diperoleh dengan metode <i>hydrodistillation</i> (F/S ratio 0,100 dan $t =$ 480 min).....	45
Gambar 4.4 Pengaruh metode ekstraksi terhadap <i>yield</i> minyak nilam (daun kering utuh, $F = 3$ L/min, $F/S = 0,100$ g/mL, dan $t = 480$ min).....	47
Gambar 4.5 Pengaruh laju alir udara menggunakan metode <i>air-hydrodistillation</i> terhadap <i>yield</i> minyak nilam (a) Ukuran daun utuh, (b) Ukuran daun cacah ($F/S = 0,100$ g/mL dan $t = 480$ min)	50

Gambar 4.6 Pengaruh rasio terhadap metode ekstraksi yang digunakan (daun nilam kering utuh, $F = 5 \text{ L/min}$, dan $t = 480 \text{ min}$)	52
Gambar 4.7 Perbandingan metode <i>hydrodistillation</i> dalam skala laboratorium dan skala pilot terhadap <i>yield</i> minyak nilam (daun nilam kering utuh dan $F/S = 0,100 \text{ g/mL}$)	55
Gambar 4.8 Akumulasi recovery minyak nilam (a) Daun nilam kering $F = 3 \text{ L/min}$; (b) Daun nilam segar $F = 5 \text{ L/min}$, (daun cacah dan F/S ratio $0,100 \text{ g/mL}$).....	57
Gambar 4.9 Plot $\text{Log } (C_s - C_t)$ vs t model kinetika orde satu pada ekstraksi minyak nilam dari daun kering (a) metode <i>hydrodistillation</i> ; (b) metode <i>air-hydrodistillation</i> ($F/S = 0,100 \text{ g/mL}$, $F = 5 \text{ L/min}$ dan daun utuh) ...	59
Gambar 4.10 Plot $\text{Log } (C_s - C_t)$ vs t model kinetika orde satu pada ekstraksi minyak nilam dari daun segar (a) metode <i>hydrodistillation</i> ; (b) metode <i>air-hydrodistillation</i> ($F/S = 0,100 \text{ g/mL}$, $F = 5 \text{ L/min}$ dan daun utuh) ...	60
Gambar 4.11 Plot $\text{Log } (C_s - C_t)$ vs t model kinetika orde satu pada ekstraksi minyak nilam dari daun kering (a) metode <i>hydrodistillation</i> ; (b) metode <i>air-hydrodistillation</i> ($F/S = 0,100 \text{ g/mL}$, $F = 5 \text{ L/min}$ dan daun cacah)	61
Gambar 4.12 Plot $\text{Log } (C_s - C_t)$ vs t model kinetika orde satu pada ekstraksi minyak nilam dari daun segar (a) metode <i>hydrodistillation</i> ; (b) metode <i>air-hydrodistillation</i> (rasio F/S $0,100 \text{ g/mL}$, $F = 5 \text{ L/min}$ dan daun cacah).....	62
Gambar 4.13 Plot t/C_t vs t model kinetika orde satu pada ekstraksi minyak nilam dari daun kering menggunakan metode <i>steam distillation</i> ($m = 1 \text{ kg}$ dan daun utuh).....	63
Gambar 4.14 Plot t/C_t vs t model kinetika orde dua pada ekstraksi minyak nilam dari daun kering (a) metode <i>hydrodistillation</i> ; (b) metode <i>air-hydrodistillation</i> ($F/S = 0,100 \text{ g/mL}$, $F = 5 \text{ L/min}$ dan daun utuh)	64
Gambar 4.15 Plot t/C_t vs t model kinetika orde dua pada ekstraksi minyak nilam dari daun segar (a) metode <i>hydrodistillation</i> ; (b) metode <i>air-</i>	

	<i>hydrodistillation</i> (F/S = 0,100 g/mL, F = 5 L/min dan daun utuh)	65
Gambar 4.16	Plot t/Ct vs t model kinetika orde dua pada ekstraksi minyak nilam dari daun kering (a) metode <i>hydrodistillation</i> ; (b) metode <i>air-hydrodistillation</i> (F/S = 0,100 g/mL, F = 5 L/min dan daun cacah)	66
Gambar 4.17	Plot t/Ct vs t model kinetika orde dua pada ekstraksi minyak nilam dari daun nilam segar (a) metode <i>hydrodistillation</i> ; (b) metode <i>air-hydrodistillation</i> (F/S = 0,100 g/mL, F = 5 L/min dan daun cacah)	67
Gambar 4.18	Plot t/Ct vs t model kinetika orde dua pada ekstraksi minyak nilam dari daun kering menggunakan metode <i>steam distillation</i> (m = 1 kg dan daun utuh)	68
Gambar 4.19	Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak nilam (utuh kering, F/S = 0,100 g/mL, dan F = 5 L/min)	73
Gambar 4.20	Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak nilam (cacah kering, F/S = 0,100 g/mL, dan F = 5 L/min)	73
Gambar 4.21	Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak nilam (utuh segar, F/S = 0,100 g/mL, dan F = 5 L/min)	74
Gambar 4.22	Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak nilam (cacah segar, F/S = 0,100 g/mL, dan F = 5 L/min)	74
Gambar 4.23	Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak nilam yang diperoleh menggunakan metode <i>steam distillation</i> (utuh kering, dan F/S = 0,100 g/mL)	75
Gambar 4.24	<i>Scanning electron micrographs</i> dari daun dan bagian bunga <i>Lippia organoides</i> Kunth menunjukkan <i>glandular</i> dan <i>non-glandular trichomes</i> . (A) <i>Abaxial leaf surface</i> , (B) <i>Adaxial leaf surface</i> , (C)	

Abaxial bract surface, (D) *Abaxial sepal surface*, (E) *Abaxial petal surface*. dengan perbesaran: A-E = 100 μm ; B = 200 μm ... 87

Gambar 4.25 Hasil SEM daun nilam sebelum ekstraksi dengan perbesaran 2.500 kali..... 88

Gambar 4.26 Hasil SEM daun nilam setelah diekstrak dengan perbesaran 2.500 kali untuk (a) Metode *Hydrodistillation* (b) Metode *Air-Hydrodistillation* 89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Standar mutu minyak nilam menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-2385-2006 dan ISO 3757:2002	12
Tabel 2.2 Penelitian terdahulu	21
Tabel 4.1 Data kadar air bahan dan pengaruhnya terhadap massa bahan.....	39
Tabel 4.2 Linierisasi model kinetika orde satu dari ekstraksi minyak nilam dari daun nilam segar dan kering menggunakan metode <i>hydrodistillation</i> dan <i>air-hydrodistillation</i> (F/S =0,1 g/mL, t = 480 min, laju aliran udara 5 L/min dan daun nilam utuh dan cacah)	68
Tabel 4.3 Data Hasil Perhitungan Properti Fisik Minyak Nilam.....	79
Tabel 4.4 Komponen-komponen yang terkandung dalam minyak nilam yang diekstraksi dengan metode <i>hydrodistillation</i> dan <i>air-hydrodistillation</i> , F/S rasio 0,1 g/mL dan laju aliran udara 5 L/min berdasarkan analisa GC-MS	81

DAFTAR SINGKATAN

ASE	: <i>Assisted Solvent Extraction</i>
CP	: <i>Cold Pressing</i>
DMF	: dimethylformamide
DMSO	: dimethyl sulfoxide
F/S	: <i>Feed to solvent ratio</i>
GC-MS	: <i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i>
HD	: <i>Hydrodistillation</i>
MAE	: <i>Microwave Assisted Extraction</i>
MAHD	: <i>Microwave Air-Hydrodistillation</i>
MHD	: <i>Microwave Hydrodistillation</i>
SEM	: <i>Scanning Electron Microscopy</i>

Keterangan:

m	= berat bahan baku (gr)
F/S	= rasio bahan baku terhadap solvent (g/ml)
w	= daya <i>microwave</i> (watt)
F	= laju alir udara (L/min)
t	= waktu ekstraksi (min)
C _s	= kapasitas ekstraksi (%)
k ₁	= konstanta laju ekstraksi untuk orde satu (min ⁻¹)
k ₂	= konstanta laju ekstraksi untuk orde dua (min ⁻¹)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia termasuk negara yang kaya akan sumber daya alam. Selain itu, Indonesia juga merupakan negara kepulauan yang beriklim tropis sehingga banyak ditemukan berbagai jenis tanaman yang dapat tumbuh dengan baik. Dari berbagai jenis tanaman tersebut terdapat beberapa tanaman yang dapat menghasilkan minyak atsiri. Sehingga hal ini menyebabkan Indonesia menjadi salah satu negara penghasil minyak atsiri yang terbesar di dunia. Minyak atsiri, atau dikenal juga sebagai minyak eter (*aetheric oil*), minyak esensial (*essential oil*), minyak terbang (*volatile oil*), serta minyak aromatik (*aromatic oil*) merupakan minyak nabati yang berwujud cairan kental pada suhu ruang namun mudah menguap dan memberikan aroma yang khas. Minyak atsiri sendiri dapat dihasilkan dari akar, batang, daun dan bunga pada tanaman aromatik (Preedy., 2016). Minyak atsiri adalah produk yang dibutuhkan oleh berbagai industri seperti industri kosmetik, obat-obatan, makanan, minuman dan sebagainya (Yuliarto, Khasanah, and Anandito., 2012).

Saat ini permintaan dunia untuk minyak atsiri sangat tinggi, seperti minyak cengkeh 5.000-6.000 ton/tahun, minyak nilam 1.200-1.500 ton/tahun, minyak serai >2.000 ton/tahun, minyak turpentine >10.000 ton/tahun, minyak kayu putih >1.000 ton/tahun dan minyak pala >400 ton/tahun (Alighiri *et al.*, 2016). Tujuan ekspor regional meliputi Eropa, Amerika, Australia, Afrika, Cina, India, dan ASEAN. Indonesia merupakan salah satu produsen minyak atsiri terbesar didunia dan telah memproduksi berbagai macam minyak atsiri (Kusuma and Mahfud., 2017c). Di Indonesia terdapat kurang lebih 45 jenis tanaman penghasil minyak atsiri yang tumbuh di Indonesia, namun baru kira-kira 15 jenis yang sudah menjadi komoditi ekspor yaitu minyak sereh wangi (*Citronella oil*), minyak akar wangi (*Vetiver oil*), minyak nilam (*Patchouli oil*), minyak kenanga (*Cananga oil*), minyak cendana (*Sandalwood oil*), minyak pala dan fuli (*Nutmeg and Mace oil*), minyak daun, gagang dan bunga cengkeh (*Clove leaf, stem, bud oil*), minyak lawang (*Cullilawan oil*), minyak massoi (*Massoi oil*), minyak pangi (*Sassafras oil*), minyak jahe (*Ginger oil*), minyak lada (*Black pepper oil*), minyak gaharu (*Agarwood oil*),

minyak terpentin (*Turpentine oil*), minyak kayu putih (*Cajeput oil*) minyak daun jeruk purut (*Kafir lime oil*), sementara di pasar Internasional terdapat 90 jenis minyak atsiri yang diperdagangkan (Ma'mun., 2006). Hal ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara penghasil utama minyak atsiri di dunia.

Tanaman nilam atau dalam bahasa jawa dikenal dengan nama *dilem* (*Pogostemon cablin* Benth) merupakan salah satu tanaman herba tropis penghasil minyak atsiri (*essential oil*) yang dalam perdagangan Internasional dikenal sebagai *patchouli oil* atau *patchouli alcohol*. Tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth) termasuk tanaman yang memiliki berbagai macam manfaat dan telah banyak digunakan dalam pengobatan tradisional Tiongkok (Kusuma and Mahfud., 2017a). Tanaman nilam berasal dari Filipina kemudian masuk ke Malaysia dan Indonesia (Kusuma *et al.* 2017). Saat ini, terdapat beberapa varietas tanaman nilam seperti nilam aceh, nilam jawa dan nilam sabun. Minyak nilam merupakan jenis minyak atsiri yang sangat penting dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Dalam perdagangan dipasar internasional, Indonesia merupakan negara penyuplai terbesar minyak nilam dengan kontribusi sekitar 70%. Tujuan ekspor minyak nilam Indonesia seperti Singapura, Amerika Serikat, Spanyol, Prancis, Switzerland, Inggris dan negara lainnya (Kusuma and Mahfud., 2017c).

Minyak nilam banyak digunakan pada industri parfum, kandungan *patchouli alcohol* banyak ditemukan dalam berbagai parfum terkenal diantaranya *arpege, tabu, miss dior, opium, paloma, picasso, ysatis* dan *angel* (Kusuma and Mahfud. 2017b). Selain dalam industri parfum, minyak nilam juga digunakan pada industri kosmetik, antiseptik, insektisida (Kusuma and Mahfud., 2017a) dan obat-obatan (Agustian and Sulaswatty., 2015). Di Indonesia terdapat beberapa sentra produksi minyak nilam seperti di provinsi Aceh, Sumatera Barat, Sumatera Utara, dan Jambi. Sentra produksi minyak nilam di Indonesia terus berkembang ke daerah lainnya seperti provinsi Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sulawesi Selatan dan daerah lainnya. Luas area pertanaman nilam di Indonesia dari tahun 2012-2015 terus mengalami penurunan. Hal ini dapat dilihat dari data yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Perkebunan pada tahun 2016. Luas area tanaman nilam pada tahun 2012 seluas 31.155 Ha dengan produktivitas minyak 85,11 kg/ha/tahun, pada tahun 2013 luas area tanaman nilam 28.226 Ha dengan produktivitas minyak 66,83

kg/ha/tahun, pada tahun 2014 luas area tanaman nilam 20.714 Ha dengan produktivitas minyak 101,53 kg/ha/tahun dan pada tahun 2015 luas area tanaman nilam 31.155 Ha dengan produktivitas minyak 106,63 kg/ha/tahun (Direktorat Jendral Perkebunan., 2016). Ada tiga faktor dominan yang menyebabkan naik turun produktivitas nilam dan turunnya luas area tanaman di Indonesia yaitu penurunan tingkat kesuburan lahan, serangan hama penyakit dan kurangnya perawatan tanaman nilam, dan fluktuasi harga minyak nilam (Setiawan and Rosman., 2013).

Sebagai negara yang berpotensi dalam pengembangan minyak nilam, maka perlu untuk memperhatikan metode yang digunakan untuk menghasilkan minyak nilam dengan kualitas yang sesuai dengan standar nasional Indonesia (SNI). Saat ini pada proses ekstraksi minyak nilam masih banyak terdapat kendala yang sering ditemui, seperti kualitas minyak yang belum sesuai standar dan juga masih terdapat komponen fraksi berat dalam tanaman nilam yang masih belum terekstrak. Hal ini dikarenakan beberapa faktor, salah satunya adalah metode ekstraksi yang digunakan.

Ekstraksi minyak atsiri dari *rosemary* yang dilakukan oleh Boutekedjiret *et al* pada tahun 2003 menggunakan *steam distillation* dan *hydrodistillation*. Hasil minyak atsiri yang diperoleh dengan *steam distillation* adalah 1,2%, hasil ini jauh lebih baik bila dibandingkan dengan metode *hydrodistillation* yang lebih rendah 0,44%. Conde-Hernández *et al.* (2017) menghasilkan *yield* minyak *rosemary* dengan metode *steam distillation* 2,35% lebih tinggi 0,35% bila dibandingkan dengan *hydrodistillation*. Selain dapat meningkatkan jumlah *yield* metode *steam distillation* juga dapat mempercepat proses ekstraksi pada awal ekstraksi (Boutekedjiret *et al.*, 2003). Ini membuktikan bahwa metode yang berbeda yang digunakan untuk mengekstrak minyak esensial akan menghasilkan *yield* yang berbeda. Pada metode *steam distillation* menggunakan tekanan uap tinggi yang dihasilkan dari boiler dan dihubungkan melalui pipa ke penyuling. Karena metode *steam distillation* menggunakan *superheated steam* dengan tekanan lebih dari 1 atmosfer maka harus memperhatikan faktor-faktor penting seperti, temperatur bahan tidak tetap pada titik didih air, temperatur terus meningkat, *superheated steam* dapat mengeringkan bahan. dan mengurangi kecepatan volatil minyak atsiri.

Metode *hydrodistillation* memiliki kelemahan yaitu komponen minyak bertitik didih tinggi dan mudah larut dalam air, tidak mampu mengangkat sepenuhnya komponen-komponen fraksi berat yang terdapat pada tanaman aromatik.

Oleh karena itu perlunya suatu inovasi yang dapat meningkatkan jumlah *yield* dan mampu mengangkat sepenuhnya komponen fraksi berat yang terdapat pada tanaman nilam dengan metode *hydrodistillation*. Nanti pada metode *hydrodistillation* akan dikombinasikan dengan kompresor udara. Dimana fungsi dari kompresor udara sendiri pada metode *hydrodistillation* digunakan untuk mengalirkan udara ke dalam *distiller*. Diharapkan dengan penambahan aliran udara ke dalam *distiller* pada saat proses ekstraksi berlangsung dapat membantu meningkatkan *yield* serta mampu mengangkat komponen fraksi berat pada tanaman aromatik.

Kusuma dan Mahfud (2017) telah mengembangkan metode untuk mengekstraksi minyak nilam menggunakan metode *microwave air-hydrodistillation*. Dengan metode *microwave air-hydrodistillation* didapat *yield* dari minyak nilam 2,7678% sedangkan pada metode *microwave hydrodistillation* *yield* minyak nilam 1,9437%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan aliran udara pada proses ekstraksi minyak nilam ternyata dapat meningkatkan jumlah *yield* minyak nilam. Dimana aliran udara yang dimasukkan berperan dalam mengoptimalkan proses pengadukan pada saat ekstraksi dan membawa komponen fraksi berat yang berada di dalam membran sel atau jaringan tanaman sehingga komponen fraksi berat tersebut terdifusi keluar. Hal ini disebabkan karena minyak nilam termasuk minyak berat yang dimana diduga terdapat beberapa komponen fraksi berat yang sulit terekstrak tanpa adanya penambahan aliran udara. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan ekstraksi minyak atsiri dari tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dengan menggunakan metode *hydrodistillation* dengan penambahan aliran udara (*air-hydrodistillation*).

Selain itu, pada penelitian ini juga akan menggunakan alat ekstraksi minyak atsiri dengan *scaling up* produksi dari skala laboratorium menjadi skala yang lebih besar. Saat ini metode ekstraksi minyak atsiri dengan penambahan aliran udara belum dapat diaplikasikan dalam skala industri dan masih sebatas pada skala laboratorium. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan ekstraksi minyak

atsiri dengan *scaling up* alat ekstraksi minyak atsiri menjadi skala besar. Tujuan dari *scaling up* alat produksi minyak atsiri pada penelitian ini adalah agar nantinya metode *air-hydrodistillation* dapat menjadi sebuah inovasi terbaru serta dapat menjembatani untuk dapat diaplikasikan dalam skala industri.

Metode *air-hydrodistillation* merupakan modifikasi dari *hydrodistillation* konvensional dengan penambahan aliran udara. Pada metode *air-hydrodistillation* terdapat tiga komponen utama yang terdiri dari kompor listrik sebagai pemanas, kompresor yang berguna untuk menginjeksi udara ke dalam *distiller* dan kondensor sebagai sistem pendingin. Selain menggunakan metode *air-hydrodistillation* pada penelitian ini ekstraksi minyak atsiri dari tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth) juga dilakukan dengan menggunakan metode *steam distillation*. Tujuannya agar dapat membandingkan metode mana yang lebih unggul untuk mengekstraksi minyak nilam. Selain itu pada penelitian ini juga akan dipelajari beberapa faktor yang berpengaruh terhadap metode *air-hydrodistillation* seperti laju air udara, rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut atau *distiller* yang digunakan, serta waktu ekstraksi.

1.2 Rumusan Masalah

Secara umum para petani nilam di Indonesia saat ini masih menggunakan metode konvensional untuk penyulingan minyak nilam. Hal ini karena rangkaian alat yang digunakan lebih sederhana, murah dan mudah untuk diaplikasikan. Sekarang ini telah berkembang berbagai metode yang digunakan untuk mengekstraksi minyak nilam salah satunya adalah metode *microwave-assisted extraction* (MAE) yang menggunakan bantuan *microwave* sebagai pemanas. Meskipun telah dikembangkan metode terbaru untuk mengekstrak minyak atsiri, ternyata metode *microwave-assisted extraction* (MAE) belum dapat diaplikasikan oleh para petani nilam khususnya di Indonesia. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan modifikasi pada metode digunakan, yang semula *hydrodistillation* menjadi *air-hydrodistillation* dengan penambahan aliran udara ke dalam *distiller* agar dapat meningkatkan *yield* dan kualitas dari minyak nilam (*patchouli oil*). Serta,

pada penelitian ini juga akan menggunakan alat ekstraksi minyak atsiri dengan *scaling up* produksi dari skala laboratorium menjadi skala besar.

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan Kusuma dan Mahfud (2017c) untuk mengekstraksi minyak nilam dengan metode *microwave air-hydrodistillation*, maka pada penelitian ini nantinya ekstraksi minyak nilam (*patchouli oil*) akan dilakukan dengan menggunakan metode *air-hydrodestilation*. Dimana pada metode *air-hydrodestilation* ini dilakukan penambahan aliran udara ke dalam *distiller* yang berisi material dan pelarut (air) dengan menggunakan kompresor. Adanya penambahan aliran udara pada metode *air-hydrodestilation* diduga dapat membantu meningkatkan *yield* dan kualitas dari minyak atsiri yang diperoleh. Selain itu, pada penelitian ini juga akan digunakan metode *steam distillation* untuk ekstraksi minyak nilam (*patchouli oil*). Menurut Boutekedjiret *et al.* (2003), untuk mengekstraksi minyak atsiri lebih menguntungkan menggunakan metode *steam distillation*, dikarenakan pada *yield* yang diperoleh jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan metode *hydrodistillation*. Karena dari beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan maka pada penelitian ini ingin membandingkan *air-hydrodistillation* dan *steam distillation* untuk ekstraksi minyak nilam, serta ingin mengetahui efektivitas penambahan aliran udara pada ekstraksi minyak nilam dengan metode *hydrodistillation*.

Selain itu pada penelitian ini juga diamati *yield* dan kualitas dari minyak nilam yang diperoleh dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* dan metode *steam distillation*. Serta untuk mengoptimalkan *yield* dan kualitas dari minyak atsiri yang diperoleh dari kedua metode ekstraksi tersebut, maka diperlukan suatu kondisi operasi tertentu. Sehingga dalam penelitian ini juga akan mempelajari beberapa parameter yang berpengaruh terhadap *yield* dan kualitas dari minyak nilam yang diperoleh dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* dan metode *steam distillation* yang meliputi waktu ekstraksi, bahan baku yang digunakan, rasio antara bahan baku dengan pelarut, dan laju alir udara yang digunakan. Hal inilah yang selanjutnya dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk menentukan metode yang tepat dan kondisi operasi yang optimal untuk penyulingan minyak nilam.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membandingkan proses ekstraksi minyak nilam (*patchouli oil*) dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* dan metode *steam distillation*.
2. Menentukan kondisi operasi yang optimal (lama waktu ekstraksi, dan rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut yang digunakan) dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* dan metode *hydrodistillation*.
3. Membandingkan pengaruh dari ada tidaknya penambahan aliran udara yang dimasukkan pada metode *air-hydrodistillation* terhadap *yield* minyak atsiri yang dihasilkan.
4. Menentukan model kinetika ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation*, *hydrodistillation* dan metode *steam distillation*.
5. Membandingkan kualitas minyak atsiri dari tanaman nilam yang diekstraksi menggunakan metode *air-hydrodistillation* dan metode *steam distillation*.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Memberikan informasi mengenai proses ekstraksi minyak nilam (*patchouli oil*) dengan metode *air-hydrodistillation* dan metode *steam distillation* yang tepat dan efektif dalam mendapatkan *yield* yang optimal.
2. Sebagai bahan referensi bagi para penyuling minyak nilam (*patchouli oil*) agar dapat menghasilkan minyak atsiri yang sesuai dengan standar yang ada.
3. Sebagai bahan referensi dan informasi bagi penulis selanjutnya yang tertarik untuk mengkaji dan meneliti tentang minyak nilam (*patchouli oil*).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Umum Nilam (*Pogostemon cablin* Benth)

2.1.1 Klasifikasi

Divisi	: <i>Spermatophyta</i> (tumbuhan berbiji)
Sub Divisi	: <i>Angiospermae</i> (berbiji tertutup)
Kelas	: <i>Dicotyledonae</i>
Bangsa	: <i>Solonales</i>
Kerajaan	: <i>Plantae</i>
Famili	: <i>Labiatae</i>
Genus	: <i>Pogostemon</i>
Spesies	: <i>Pogostemon cablin</i> Benth



Gambar 2.1 Tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth)



Gambar 2.2 Tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dengan bunga berwarna putih

2.1.2 Deskripsi Tanaman

a. Sinonim

Pogostemon javanicus Back. ex. Adelb, *Pogostemon hortensis* Backer, *Pogostemon patchouli* Pellet, dan *Pogostemon heyneanus* Benth.

b. Nama Lokal

Ada beberapa nama daerah di Indonesia untuk tanaman ini, yaitu: nilam (Sumatera), dilem (Jawa).

c. Morfologi

Pogostemon cablin (Blanco) Benth merupakan semak, tumbuhan tahunan, dan tingginya 1-2 m. Batangnya berkayu, beralur, berambut, beruas-ruas, ketika masih muda warnanya hijau setelah tua warnanya putih kotor. Tanaman nilam adalah tanaman yang memiliki akar serabut yang wangi, memiliki daun halus beludru, dan agar membulat lonjong seperti jantung serta berwarna pucat. Daun tunggal, helaian daun berbentuk bulat telur sampai jorong memanjang, ujungnya runcing, pangkal tumpul, tepi bergerigi, pertulangan menyirip, permukaan berbulu, panjang sampai 7 cm, lebar sampai 6 cm, permukaan atas hijau dan permukaan bawah hijau keunguan. Ranting berbulu halus, berbabatang kayu dengan diameter 10-20 mm membentuk segi empat, serta sebagian besar daun yang melekat pada ranting hampir selalu berpasangan satu sama lain. Jumlah cabang yang banyak dan bertingkat mengelilingi batang antara 3-5 cabang per tingkat.

d. Ekologi dan Penyebaran

Nilam dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah (andosol, latosol, regosol, podsolik, dan grumusol) dengan tekstur lempung, liat berpasir dengan drainase yang baik dan pH tanah 5-7. Tanah yang mengandung bahan organik (humus) memberikan hasil yang paling baik. Nilam tumbuh baik pada daerah dengan ketinggian <700 m dpl, karena pada dataran tinggi kadar minyaknya menurun (<2%). Demikian pula pada keadaan teraungi (<50% cahaya), kadar minyaknya akan berkurang. Tanaman nilam membutuhkan curah hujan atau ketersediaan air yang cukup. Curah hujan

yang dikehedaki berkisar 2.500 -3.500 mm/tahun, dengan temperatur 24-28 °C. Nilam membutuhkan 9-11 bulan basah per tahun.

Penyebaran tanaman nilam di Indonesia terdapat di beberapa daerah, yaitu Aceh (Aceh Selatan, Aceh Utara, Aceh Barat, Abdya dan Gayo), Sumatera Barat, Sumatera Utara, Bengkulu, Jawa Tengah, dan Jawa Barat. Tanaman nilam terdapat juga di Malaysia, Brazil, Cina, dan India.

e. Kegunaan

Tanaman nilam telah banyak dimanfaatkan sebagai obat tradisional. Akar dari tanaman ini digunakan untuk pencahar, bagian daun sebagai deodoran, obat luka, bawasir, disentri, stomakikum, penyakit empedu, sielagogum, stemutatori, gangguan haid dan obat peluruh haid. Semua bagian dari tumbuhan ini juga dapat dimanfaatkan sebagai karminatif, obat sakit kepala, emetik, obat diare, dan insektisida (Kasahara dan Hemmi, 1995).

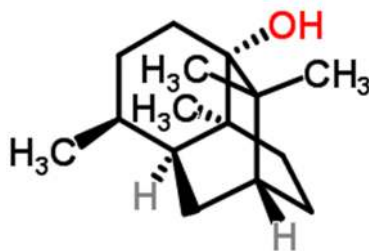
2.2 Minyak Nilam

2.2.1 Karakteristik Minyak Nilam

Minyak nilam merupakan minyak atsiri yang diperoleh dari tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). Minyak nilam terdapat pada bagian batang, akar, dan daun tanaman nilam. Minyak nilam berwarna coklat kehijauan sampai tua kemerahan, aromanya khas, awet, dan mirip kamper. Kandungan minyak nilam adalah *patchouli alcohol*, *patchoulene*, *azulene*, *pogostol*, *norpaculenol*, *nortetrapaculol*, *seyselen*, *kariofilen*, dan golongan *sesquiterpen* lainnya yang belum teridentifikasi. Kandungan utama minyak nilam adalah *patchouli alcohol*.

Patchouli alcohol ($C_{15}H_{26}O$) merupakan senyawa yang termasuk golongan sesquiterpen. *Patchouli alcohol* meleleh pada temperatur 39-40°C, mendidih pada temperatur 140°C, tidak larut dalam air, larut dalam alkohol, eter, dan pelarut organik lainnya. Berat molekul dari patchouli alkohol 222,333 dengan nomor registrasi CAS: 5986-55-0. Nama lain dari *patchouli alkohol* seperti *patchoulol*; *patchoulanol*; 1,6-methanonaphthalen-1(2H)-ol, *octahydro-4,8a,9,9-tetramethyl-*, [1R-(1 α ,4 β ,4a α ,6 β ,8a α)]-; (1R,4S,4aS,6R,8aS)-4,8a,9,9-tetramethyldecahydro-

1,6-methanonaphthalen-1-ol; *patchoulic alcohol*; (-)-*patchouli alcohol*; (-)-*patchoulol*; 1,6-methanonaphthalen-1(2H)-ol, *octahydro-4,8a,9,9-tetramethyl-, (1 α ,4 β ,4a α ,6 β ,8a α)-*; [1R-(1 α ,4 β ,4a α ,6 β ,8a α)]-*octahydro-4,8a,9,9-tetramethyl-1,6-methano-1(2H)-naphthol*.



Gambar 2.3 Struktur *patchouli alcohol* (C₁₅H₂₆O)

Minyak nilam merupakan komoditi ekspor, karenanya memiliki prospek yang cukup cerah dan selalu dibutuhkan secara berkesinambungan dalam industri-industri parfum, wewangian, kosmetik, sabun, farmasi, *flavouring agent*, dan lain-lain. Minyak nilam dalam industri digunakan sebagai fiksasi yang belum dapat digantikan oleh minyak lain sampai dengan saat ini. Minyak nilam terdiri dari komponen-komponen yang bertitik didih tinggi sehingga sangat baik dipakai sebagai zat pengikat dalam industri parfum dan dapat membentuk aroma yang harmonis. Zat pengikat adalah suatu persenyawaan yang mempunyai daya menguap lebih rendah atau titik uapnya lebih tinggi daripada zat pewangi sehingga kecepatan penguapan zat pewangi dapat dikurangi atau dihambat. Penambahan zat pengikat di dalam parfum dimaksudkan untuk mengikat aroma wangi dan mencegah penguapan zat pewangi yang terlalu cepat sehingga aroma wangi tidak cepat hilang atau lebih tahan lama (Ketaren., 1987)

Minyak nilam selain sebagai bahan baku dalam industri parfum, diketahui juga mempunyai aktivitas biologi tertentu. Senyawa Patchoulol yang merupakan komponen yang paling banyak ditemukan dalam minyak nilam bersama dengan apatchoulene diketahui memiliki potensi sebagai aktivitas antifungal (Sonwa, 2000). Senyawa α -bulnesene diketahui mempunyai aktivitas anti inflamasi terhadap PAF (*platelet activating factor*) sebuah *phospholipid mediator* yang dihasilkan

berbagai sel pada saat terkena penyakit alergi, inflamasi, asma, dan lain-lain (Tsai, Hsu, Yang, and Tsai., 2007).

2.2.2 Standar Mutu Minyak Nilam

Parameter dalam menentukan kualitas minyak nilam dapat dilihat dari kadar *patchouli alcohol* yang terdapat dalam minyak nilam. Hal ini yang kemudian mengakibatkan mengapa *patchouli alcohol* disebut sebagai penciri utama dalam menentukan mutu minyak nilam (Santoso, 1990) Berdasarkan rancangan SNI tahun 2006 kadar minimal *patchouli alcohol* dalam minyak nilam adalah 30%. Sedangkan berdasarkan rancangan ISO tahun 2002 kadar *patchouli alcohol* yang harus terdapat dalam minyak nilam adalah 27-35%. Standar mutu minyak nilam berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-2385-2006) dan *International Standard* (ISO) 3757 : 2002(E) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Standar mutu minyak nilam menurut Standar Nasioanal Indonesia (SNI) 06-2385-2006 dan ISO 3757:2002

Karakteristik	Persyaratan	
	SNI 06-2385-2006	ISO 3757 : 2002(E)
Warna	Kuning muda sampai cokelat kemerahan	Kuning sampai cokelat kemerahan
Bobot Jenis	0,950-0,975 (25°C/25°C)	0,952-0,975 (20°C/20°C)
Indeks Bias 20°C	1,5070-1,5150	1,5050-1,5150
Putaran Optik	(-48°)-(-65°)	(-40°)-(-60°)
Kelarutan (dalam etanol)	Dalam etanol 90%, larutan jernih, perbandingan 1:10	Dalam etanol 90%, larutan jernih, perbandingan 1:10
Bilangan asam	Maksimal 8	Maksimal 4
Bilangan ester	Maksimal 20	Maksimal 10
Kadar patchouli alkohol	Minimal 30%	27-35%

Beberapa parameter yang biasanya dijadikan standar untuk mengenali kualitas minyak atsiri meliputi berat jenis, kelarutan dalam alkohol. Berat jenis merupakan salah satu kriteria penting dalam menentukan mutu dan kemurnian minyak atsiri. Nilai berat jenis minyak atsiri didefinisikan sebagai perbandingan antara berat minyak dengan berat air pada volume air yang sama dengan volume minyak pada yang sama pula. Berat jenis sering dihubungkan dengan fraksi berat

komponen-komponen yang terkandung didalamnya. Semakin besar fraksi berat yang terkandung dalam minyak, maka semakin besar pula nilai densitasnya. Biasanya berat jenis komponen terpen teroksigenasi lebih besar dibandingkan dengan terpen tak teroksigenasi (Sastrohamidjojo. 2004).

Telah diketahui bahwa alkohol merupakan gugus OH. Karena alkohol dapat larut dengan minyak atsiri maka pada komposisi minyak atsiri yang dihasilkan tersebut terdapat komponen-komponen terpen teroksigenasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Guenther (1990) bahwa kelarutan minyak dalam alkohol ditentukan oleh jenis komponen kimia yang terkandung dalam minyak. Pada umumnya minyak atsiri yang mengandung persenyawaan terpen teroksigenasi lebih mudah larut daripada yang mengandung terpen. Makin tinggi kandungan terpen makin rendah daya larutnya atau makin sukar larut, karena senyawa terpen tak teroksigenasi merupakan senyawa non-polar yang tidak mempunyai gugus fungsional. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin kecil kelarutan minyak atsiri pada alkohol (biasanya alkohol 90%) maka kualitas minyak atsirinya semakin baik (Sastrohamidjojo. 2004).

2.3 Proses Pengambilan Minyak Atsiri

2.3.1 Ekstraksi

Ekstraksi merupakan proses pemisahan bahan padat maupun bahan cair dengan bantuan pelarut. Pelarut yang digunakan harus dapat mengekstrak substansi yang diinginkan tanpa melarutkan material lainnya. Ekstraksi padat-cair atau *leaching* adalah transfer difusi komponen terlarut dari padatan *inert* ke dalam pelarutnya. Ekstrak dari bahan padat dapat dilakukan jika bahan yang diinginkan dapat larut dalam pelarut pengekstraksi. Ekstraksi tergantung dari beberapa faktor antara lain: ukuran partikel, jenis zat pelarut, temperatur, dan pengadukan.

Ekstraksi termasuk proses pemisahan melalui dasar operasi difusi. Secara difusi, proses pemisahan terjadi karena adanya perpindahan *solute*, sebagai akibat adanya beda konsentrasi diantara dua fasa yang saling kontak. Perbedaan konsentrasi yang ada pada dua fasa disebut gradien konsentrasi. Difusi akan terus terjadi hingga seluruh partikel tersebar luas secara merata atau mencapai keadaan

kesetimbangan dimana perpindahan molekul tetap terjadi walaupun tidak ada perbedaan konsentrasi. Pada ekstraksi *solvent* yang digunakan diharapkan dapat melarutkan *solute* dengan cukup baik, memiliki perbedaan titik didih dengan *solute* yang cukup besar, tidak beracun, tidak bereaksi secara kimia dengan *solute* maupun diluen, murah, dan mudah diperoleh (Guenther. 1990).

2.3.2 Metode Destilasi

Destilasi atau penyulingan adalah suatu proses pemisahan komponen-komponen suatu campuran yang terdiri atas dua jenis campuran atau lebih berdasarkan perbedaan tekanan uap atau berdasarkan perbedaan titik didih dari komponen-komponen senyawa tersebut. Dalam industri minyak atsiri dikenal 3 (tiga) macam tipe destilasi berdasarkan kontak antara uap dan bahan yang akan disuling, yaitu:

1. Destilasi dengan air (*hydrodistillation*)

Pada metode ini, bahan yang akan disuling mengalami kontak langsung dengan air mendidih. Bahan tersebut mengapung di atas air atau terendam secara sempurna tergantung dari berat jenis dan jumlah bahan yang disuling. Air dipanaskan dengan metode pemanasan yang biasa dilakukan, yaitu dengan panas langsung, mantel uap, pipa uap melingkar tertutup, atau dengan memakai pipa uap melingkar terbuka atau berlubang. Ciri khas dari metode ini ialah kontak langsung antara bahan dengan air mendidih. Beberapa jenis bahan (misalnya bubuk buah badam, bunga mawar, dan *orange blossoms*) harus disuling dengan metode ini, karena bahan harus tercelup dan bergerak bebas dalam air mendidih. Jika disuling dengan metode uap langsung, bahan ini akan merekat dan membentuk gumpalan besar yang kompak, sehingga uap tidak dapat berpenetrasi ke dalam bahan (Guenther. 1990).

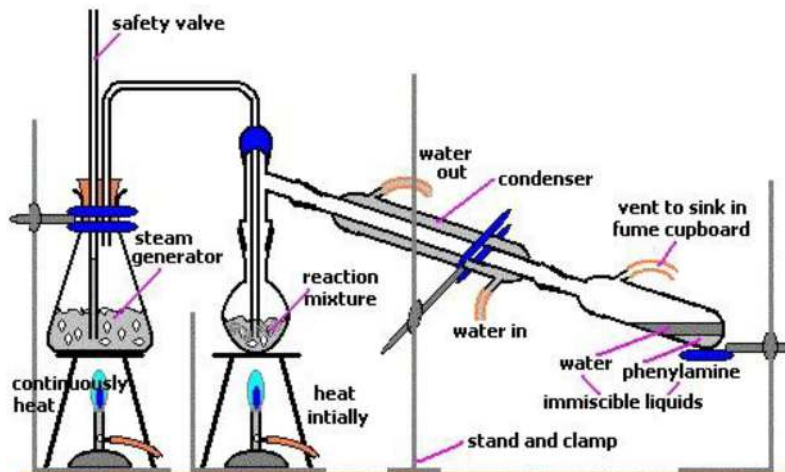


Gambar 2.4 Destilasi dengan air (*hydrodistillation*)

2. Destilasi dengan uap dan air (*Steam-Hydro Distillation*)

Pada metode penyulingan ini, bahan olah diletakkan di atas rak-rak atau saringan berlubang. Ketel suling diisi dengan air sampai permukaan air berada tidak jauh di bawah saringan. Air dapat dipanaskan dengan berbagai cara yaitu dengan uap jenuh yang basah dan bertekanan rendah. Ciri khas dari metode ini adalah:

- uap selalu dalam keadaan basah, jenuh, dan tidak terlalu panas
- bahan yang disuling hanya berhubungan dengan uap dan tidak dengan air panas (Guenther. 1990).

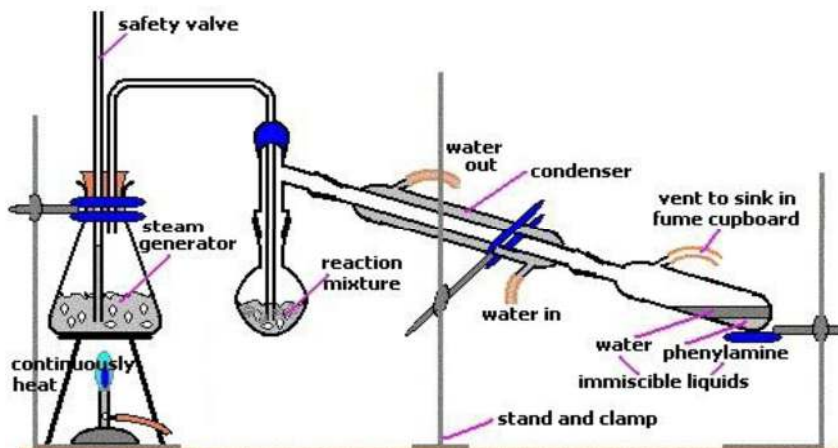


Gambar 2.5 Destilasi dengan uap dan air (*steam-hydrodistillation*)

3. Destilasi dengan uap (*steam distillation*)

Metode ketiga disebut penyulingan uap atau penyulingan uap langsung dan prinsipnya sama dengan yang telah dibicarakan di atas, kecuali air tidak diisikan dalam ketel. Uap yang digunakan adalah uap jenuh atau uap terlewat panas pada tekanan lebih dari 1 atmosfer. Uap dialirkan melalui pipa uap melingkar yang berpori yang terletak dibawah bahan, dan uap bergerak keatas melalui bahan yang terletak di atas saringan (Guenther. 1990).

Pada dasarnya tidak ada perbedaan yang mendasar dari ketiga proses penyulingan. Tetapi bagaimanapun juga dalam prakteknya hasilnya akan berbeda bahkan kadang-kadang perbedaan ini sangat berarti, karena tergantung pada metode yang dipakai dan reaksi-reaksi kimia yang terjadi selama berlangsungnya penyulingan (Guenther. 1990).



Gambar 2.6 Destilasi dengan uap (*steam distillation*)

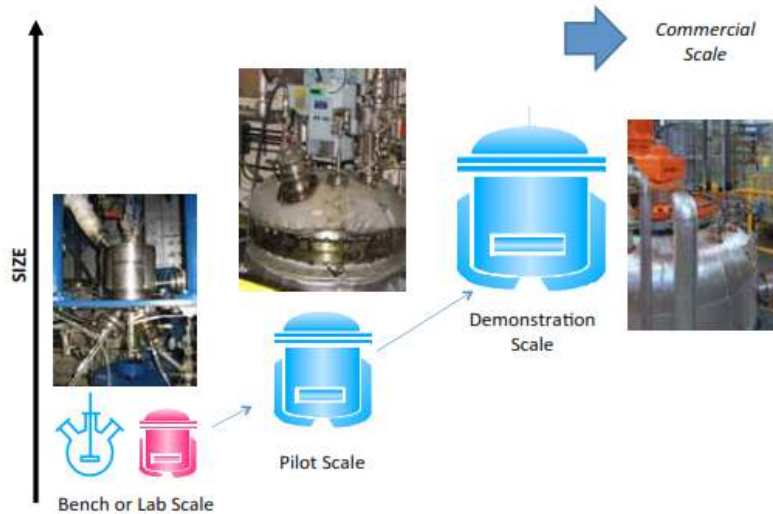
2.4 Scale Up

Scale up adalah merancang atau menyusun suatu sistem yang lebih besar dari suatu prototype berdasarkan suatu percobaan dengan menggunakan model yang lebih kecil. Menurut Valentas *et al.* (1991), peningkatan skala atau scale up adalah usaha untuk memproduksi hasil proses yang jika memungkinkan bersifat identic, pada tingkat produksi yang lebih tinggi dari yang sudah dikerjakan sebelumnya. Sedangkan menurut Aiba (1973), peningkatan skala adalah ilmu yang

berhubungan dengan masalah memindahkan data yang diperoleh dengan peralatan laboratorium dan pilot plant ke skala produksi. Peningkatan skala pada industri minyak atsiri yaitu dengan meningkatkan kapasitas dan memperbesar laju produksi yang sudah ada dengan produk yang sama atau identik. Berdasarkan proses dan tingkat produksi yang diinginkan, scale up merupakan proses yang cukup sulit untuk diaplikasikan. Oleh karena itu, perlu dilakukan percobaan–percobaan yang bersifat kontinyu. Percobaan–percobaan tersebut dibutuhkan untuk menentukan parameter optimum untuk skala besar dan untuk menentukan desain peralatan dan kondisi proses yang akan dimodifikasi.

Proses skala besar, untuk ekstraksi minyak atsiri tidak akan menghasilkan *yield* dan komponen yang identik dengan proses skala laboratorium, tetapi akan menghasilkan *yield* dan komponen yang menyerupai aslinya. Proses scale up membutuhkan suatu perencanaan yang matang, fleksibel, dan pendekatan yang konsisten. Menurut Rusli (1998), factor kritis dalam teknik penyulingan minyak atsiri pada skala pilot plant adalah kecepatan penyulingan, tinggi bahan dalam ketel penyulingan, kepadatan bahan, kadar minyak atsiri awal bahan dan kondisi bahan. Guenter (1950), mendefinisikan kecepatan penyulingan sebagai nilai perbandingan antara jumlah air suling dan waktu atau jumlah air yang disuling setiap jam. Kecepatan penyulingan dipengaruhi antara lain oleh besar api, kecepatan uap boiler dan tekanan kerja yang diberikan (Rusli, 1998).

Scale up erat kaitannya dengan penerapan pilot plant, proses produksi pada skala pilot plant merupakan kunci penghubung proses pengolahan produk dari skala laboratorium menuju ke skala industri. Pilot plant merupakan langkah yang dirancang untuk menguji proses dan kebutuhan produksi dalam simulasi skala kecil yang akurat. Tujuan langkah ini adalah menghasilkan informasi yang cukup untuk menentukan apakah skala pilot plant dapat dikembangkan ke skala komersial. Pada prinsipnya, teknik skala pilot plant adalah perbesaran skala proses produksi dari skala laboratorium ke skala yang lebih besar dengan penilaian efisiensi yang lebih terperinci, sehingga diperoleh teknologi yang mampu menghasilkan suatu alat ekstraksi yang secara ekonomis layak.



Gambar 2.7 Pengembangan alat dalam berbagai ukuran atau skala

Scale up pada penelitian ini dilakukan dalam usaha mendekatkan proses skala laboratorium dengan skala pilot dengan maksud mendapatkan hasil proses yang identik pada tingkat produksi yang lebih besar dari sebelumnya. Metode *scale up* dapat dilalui dengan 3 tahap yaitu skala lab, skala pilot, dan skala industri (Gambar 2.7). Proses dalam skala lab dapat juga dibagi menjadi beberapa analisa tergantung pada kebutuhan pengembangan. Tiga landasan utama yang digunakan dalam peningkatan skala adalah kesamaan geometri (*geometric similarity*), kesamaan kinematik (*kinematic similarity*) dan kesamaan dinamik (*dynamic similarity*).

Dari beberapa landasan utama tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan pendekatan kesamaan geometris (*geometric similarity*) dalam melakukan *scale up* untuk dapat digunakan untuk ekstraksi minyak nilam pada industri kecil menengah. *Geometric similarity* adalah kesamaan dimensi antara model (m) dan prototype (p). Dari definisi sederhana ini maka dapat dinyatakan bahwa kesamaan geometris (*geometric similarity*) ditunjukkan dengan bentuk yang sama namun dengan ukuran yang berbeda. Sehingga dapat dikatakan bahwa rasio ukuran pada setiap bagian yang dimiliki model adalah sama dengan yang dimiliki prototype pada setiap bagian. Meskipun pada kenyataannya sangat sulit mendapatkan data secara tepat antara model dan prototype namun demikian kesesuaian penggunaan

parameter yang dapat memberikan hasil yang sama sudah cukup dinyatakan bahwa dua buah objek memiliki perilaku yang sama atau identik.

2.5 Pemodelan Kinetika pada Proses Ekstraksi

Pada penelitian ini pemodelan kinetika untuk ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* dan *steam distillation* dilakukan menggunakan model orde satu dan orde dua. Dimana nantinya dapat diketahui model kinetika yang sesuai dengan hasil eksperimen untuk ekstraksi minyak nilam *air-hydrodistillation* dan *steam distillation*.

2.5.1 Model Kinetika Orde Satu

Persamaan kinetika orde satu menurut Lagergren (Lagergren 1898; Ho *et al.* 2005; Reddad *et al.* 2002) dapat ditulis dalam bentuk diferensial sebagai berikut:

$$\frac{dC_t}{dt} = k_1(C_s - C_t) \quad (1)$$

dimana k_1 (min^{-1}) adalah konstanta laju ekstraksi untuk orde satu dan t (min) adalah waktu ekstraksi.

Selanjutnya Persamaan (1) diintegrasikan dengan menggunakan kondisi batas $C_t = 0$ pada $t = 0$ dan $C_t = C_t$ pada $t = t$:

$$\ln \frac{C_s}{C_s - C_t} = k_1 t \quad (2)$$

Persamaan (2) yang telah diperoleh tersebut dapat diubah menjadi bentuk linier sebagai berikut:

$$\log (C_s - C_t) = \log(C_s) - \frac{k_1}{2,303} t \quad (3)$$

Kemudian dibuat *plot* antara $\log (C_s - C_t)$ dengan t untuk mendapatkan *slope* dan *intercept* yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju ekstraksi untuk orde satu (k_1) dan nilai kapasitas ekstraksi (C_s).

2.5.2 Model Kinetika Orde Dua

Persamaan kinetika orde dua untuk laju ekstraksi menurut Ho *et al.* (2005) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{dC_t}{dt} = k_2(C_s - C_t)^2 \quad (4)$$

dimana k_2 ($L \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$) adalah konstanta laju ekstraksi untuk orde dua. Dengan melakukan pengelompokan variabel pada Persamaan (4) didapatkan:

$$\frac{dC_t}{(C_s - C_t)^2} = k_2 dt \quad (5)$$

Selanjutnya Persamaan (8) dapat diperoleh dengan cara mengintegrasikan Persamaan (5) menggunakan kondisi batas $C_t = 0$ pada $t = 0$ dan $C_t = C_t$ pada $t = t$ dan dengan melakukan penataan ulang sebagai berikut:

$$\frac{1}{(C_s - C_t)} - \frac{1}{C_s} = k_2 t \quad (6)$$

$$C_t = C_s - \frac{C_s}{1 + C_s k_2 t} \quad (7)$$

$$C_t = \frac{C_s^2 k_2 t}{1 + C_s k_2 t} \quad (8)$$

Persamaan (8) adalah hukum laju ekstraksi terintegrasi untuk orde dua dan dapat diubah lagi menjadi bentuk linier sebagai berikut:

$$\frac{t}{C_t} = \frac{1}{k_2 C_s^2} + \frac{t}{C_s} \quad (9)$$

Laju ekstraksi (C_t/t) dapat diperoleh dari Persamaan (10) sebagai berikut:

$$\frac{C_t}{t} = \frac{1}{(1/k_2 C_s^2) + (t/C_s)} \quad (10)$$

kapasitas ekstraksi C_s , dan konstanta laju ekstraksi untuk orde dua k_2 dapat ditentukan secara eksperimental dari *slope* dan *intercept* dengan cara membuat *plot* antara t/C_t dengan t .

2.6 Penelitian Terdahulu

Ekstraksi minyak atsiri dari *rosemary* yang dilakukan oleh Boutekedjiret *et al* pada tahun 2003 menggunakan *steam distillation* dan *hydrodistillation*. Hasil minyak atsiri yang diperoleh dengan *steam distillation* adalah 1,2%, hasil ini jauh lebih baik bila dibandingkan dengan metode *hydrodistillation* yang lebih rendah 0,44%. Conde-Hernández *et al.* (2017) menghasilkan *yield* minyak *rosemary* dengan metode *steam distillation* 2,35% lebih tinggi 0,35% bila dibandingkan dengan *hydrodistillation*. Selain dapat meningkatkan jumlah *yield* metode *steam*

distillation juga dapat mempercepat proses ekstraksi pada awal ekstraksi (Boutekedjiret *et al.*, 2003). Ini membuktikan bahwa metode yang berbeda yang digunakan untuk mengekstrak minyak esensial akan menghasilkan *yield* yang berbeda. Pada metode *steam distillation* menggunakan tekanan uap tinggi yang dihasilkan dari boiler dan dihubungkan melalui pipa ke penyuling. Karena metode *steam distillation* menggunakan *superheated steam* dengan tekanan lebih dari 1 atmosfer maka harus memperhatikan faktor-faktor penting seperti, temperatur bahan tidak tetap pada titik didih air, temperatur terus meningkat, *superheated steam* dapat mengeringkan bahan. dan mengurangi kecepatan volatil minyak atsiri. Metode *hydrodistillation* memiliki kelemahan yaitu komponen minyak bertitik didih tinggi dan mudah larut dalam air, tidak mampu mengangkat sepenuhnya komponen-komponen fraksi berat yang terdapat pada tanaman aromatik.

Kusuma dan Mahfud (2017) telah mengembangkan metode untuk mengekstraksi minyak nilam menggunakan metode *microwave air-hydrodistillation*. Dengan metode *microwave air-hydrodistillation* didapat *yield* dari minyak nilam 2,7678% sedangkan pada metode *microwave hydrodistillation* *yield* minyak nilam 1,9437%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan aliran udara pada proses ekstraksi minyak nilam ternyata dapat meningkatkan jumlah *yield* minyak nilam. Dimana aliran udara yang dimasukkan berperan dalam mengoptimalkan proses pengadukan pada saat ekstraksi dan membawa komponen fraksi berat yang berada di dalam membran sel atau jaringan tanaman sehingga komponen fraksi berat tersebut terdifusi keluar. Hal ini disebabkan karena minyak nilam termasuk minyak berat yang dimana diduga terdapat beberapa komponen fraksi berat yang sulit terekstrak tanpa adanya penambahan aliran udara. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan ekstraksi minyak atsiri dari tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dengan menggunakan metode *hydrodistillation* dengan penambahan aliran udara (*air-hydrodistillation*).

Tabel 2.2 Penelitian terdahulu

Bahan yang diestruk	Kondiri Operasi yang digunakan	Yield	Referensi
Daun nilam (<i>Pogostemon cablin</i> Benth)	<i>Microwave air-hydrodistillation</i> , m = 40 gr, 600 watt, F = 5 L/min, F/S = 0,05 g/ml, t = 120 min <i>Microwave hydrodistillation</i> , m = 40 gr, F = 600 W, F/S = 0,10 g/ml, t = 120 min	<i>Yield</i> 2,7678% <i>Yield</i> 1,9437%	(Kusuma dan Mahfud., 2017c)
Daun nilam (<i>Pogostemon cablin</i> Benth)	<i>Microwave air-hydrodistillation</i> , m=40 gr, 600 watt, F = 3 L/min, F/S = 0,05 g/ml, t = 120 min <i>Microwave hydrodistillation</i> , m = 40 gr, 600 W, F/S = 0,05 g/ml, t = 120 min	<i>Yield</i> 2,5% <i>Patcholol</i> 25,23% <i>Yield</i> 1,6% <i>Patcholol</i> 26,32%	(Kusuma <i>et al.</i> , 2017)
Cendana (<i>Santalum album</i>)	<i>Microwave air-hydrodistillation</i> , m=40 gr, w = 600 watt, F = 5 L/min, F/S = 0,10 g/ml, t = 120 min <i>Microwave hydrodistillation</i> , m = 40 gr, w = 600 watt, F/S = 0,10 g/ml, t = 120 min	<i>Yield</i> 1,3107% <i>Yield</i> 1,2184 %	(Kusuma dan Mahfud., 2016)
Rosemary	<i>Steam distillation</i> , m = 25 gr, t = 90 min <i>Hydrodistillation</i> , m = 25 gr, F/S=0,2 (w/v), t = 90 min	<i>Yield</i> 2,35% <i>Yield</i> 2,00 %	(Hernández <i>et al.</i> , 2017)

Daun nilam (<i>Pogostemon cablin</i> Benth)	<i>Steam distillation</i> , m = 100 g, t = 120 min	<i>Yield</i> 1.50%	(Donelian <i>et al.</i> 2009)
Clove buds	<i>Steam distillation</i> , m = 50 gr, t = 480-600 min <i>Hydrodistillation</i> , F/S=0,2 (g/ml), t = 240-360 min	<i>Yield</i> 10,1% <i>Eugenol</i> 61,2% <i>Yield</i> 11,5% <i>Eugenol</i> 50,3%	(Guan <i>et al.</i> 2007)

Keterangan: m = berat bahan baku (gr)

F/S = rasio bahan baku terhadap solvent (g/ml)

w = daya *microwave* (watt)

F = laju alir udara (L/min)

t = waktu ekstraksi (min)

BAB 3

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth). Metode yang digunakan adalah metode *steam distillation*, *air-hydrodistillation* dan *hydrodistillation*. Metode *steam distillation* merupakan metode yang menggunakan pemanas yang berasal dari *steam generator*. Metode *air-hydrodistillation* merupakan kombinasi antara sistem penyulingan dengan metode *hydrodistillation* dengan penambahan aliran udara ke dalam *distiller*. Pada metode *air-hydrodistillation* secara umum terdiri dari tiga bagian utama yaitu kompresor yang berfungsi untuk menginjeksikan udara ke dalam *distiller* yang berisi matriks (bagian tanaman yang akan diambil minyak atsirinya) dan pelarut, kompor listrik sebagai pemanas, dan kondensor sebagai sistem pendingin. Pada ekstraksi dengan metode *air-hydrodistillation* tersebut digunakan pelarut akuades.

Dalam ekstraksi dengan metode *air-hydrodistillation* dan metode *steam distillation*, uap yang dihasilkan kemudian dikondensasikan sehingga menghasilkan destilat yang terdiri atas fase minyak dan fase air. Destilat yang terdiri atas fase minyak dan fase air tersebut selanjutnya dipisahkan dengan menggunakan corong pemisah. Setelah dipisahkan, minyak yang diperoleh didehidrasi dengan Na_2SO_4 (*sodium sulfat*) anhidrat. Minyak yang telah didehidrasi ini kemudian disimpan pada temperatur 4°C sampai minyak dianalisa (Ferhat *et al.* 2006).

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

1. Daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth)

Daun nilam yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Trenggalek dalam bentuk daun segar dan daun yang telah dikeringkan.

2. Akuades

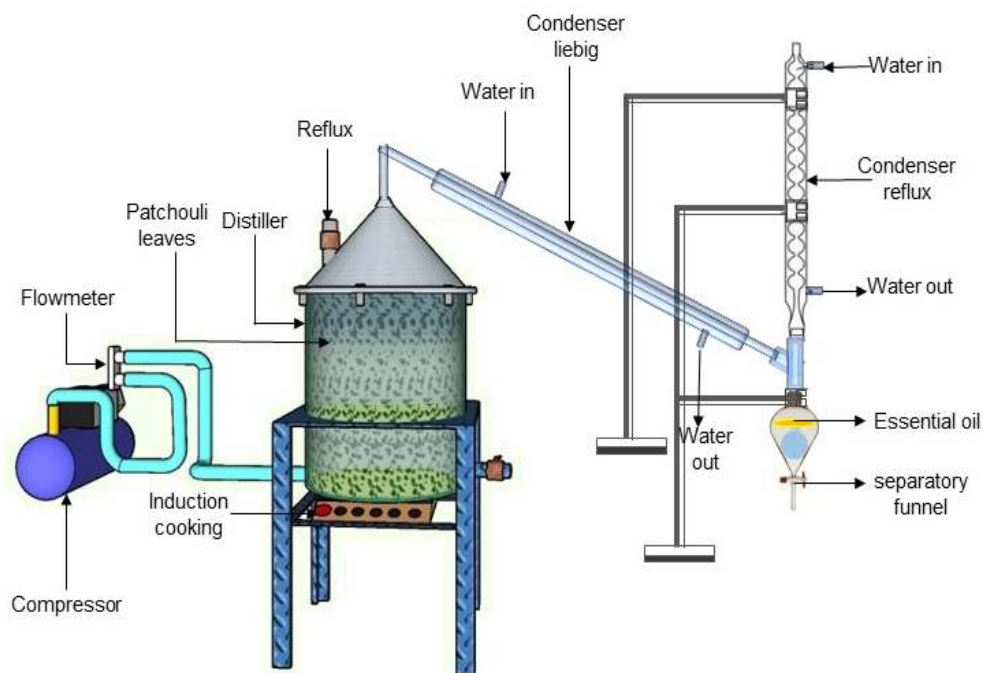
Akuades dalam penelitian ini digunakan sebagai pelarut untuk metode *air-hydrodistillation*. Sedangkan air yang digunakan pada kondensor untuk proses pendinginan adalah air PDAM.

3. Na₂SO₄ (natrium sulfat) anhidrat

Na₂SO₄ anhidrat dalam penelitian ini digunakan untuk mengikat (menyerap) kandungan air yang masih terdapat dalam minyak atsiri.

3.2.2 Peralatan yang Digunakan

3.2.2.1 Peralatan untuk Metode *Air-Hydrodistillation*



Gambar 3.1 Skema peralatan untuk metode *air-hydrodistillation*

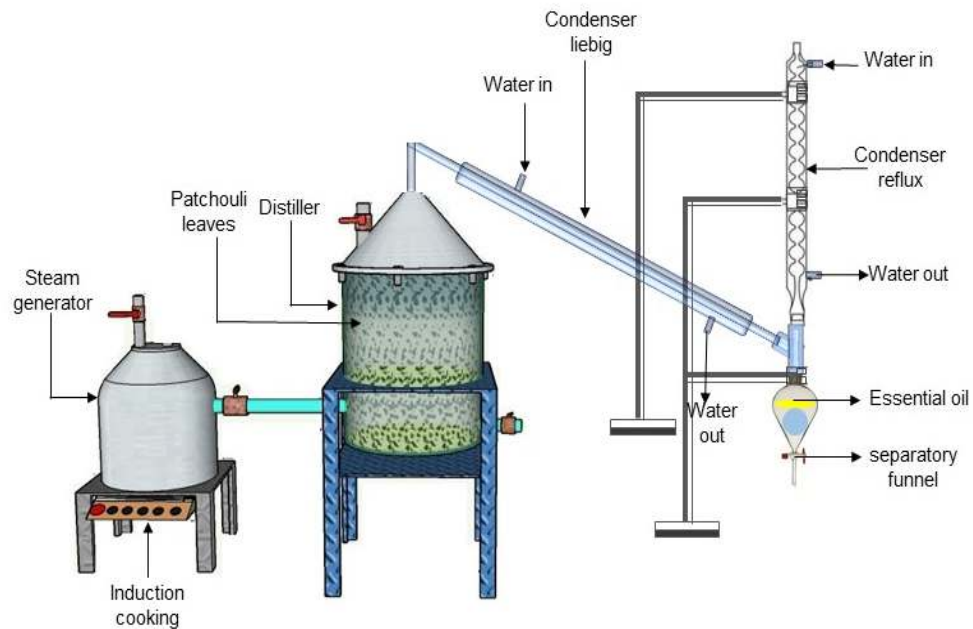
Deskripsi peralatan:

Skema peralatan untuk metode *air-hydrodistillation* dapat dilihat pada Gambar 3.1. Peralatan utama terdiri dari kompresor, *distiller*, kompor listrik, corong pemisah, kondensor *liebig* dan kondensor *reflux*, *flowmeter* yang berguna

untuk mengatur laju alir udara yang masuk ke dalam *distiller*. Spesifikasi peralatan utama adalah sebagai berikut:

1. *Distiller* yang digunakan terbuat dari *stainless steel* dengan dimensi tinggi 30 cm, diameter 30 cm dan *volume* 22 liter
2. *Air compressor* yang digunakan merek Lakoni, Model Imola-75 dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - *Power* : 0,75 HP/ 0,5 KW 220 V/50 Hz
 - *Max. Pressure* : 8 bar (116 psi)
 - *Tank Capacity* : 10 Liter
 - *Max.Flow* : 120 L/min
 - Dimensi : Panjang = 40 cm, Lebar = 15 cm, dan Tinggi = 45 cm
3. Kompor induksi yang digunakan merek Kris model IC-16 dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Daya maksimum : 1600 watt
 - Tegangan : 220 V/50 Hz
 - Dimensi kompor : Panjang = 37 cm, Lebar = 29 cm, dan Tinggi = 5 cm
4. *Flowmeter* yang digunakan merek *Wiebrock* memiliki rentang antara 5 L/min sampai 25 L/min

3.2.2.2 Peralatan Untuk Metode *Steam Distillation*



Gambar 3.2 Peralatan untuk metode *steam distillation*

Deskripsi peralatan:

Skema peralatan untuk metode steam distillation dapat dilihat pada Gambar 3.2. Peralatan utama terdiri dari *steam generator*, *distiller*, kondensor *liebig* dan kondensor *reflux* serta corong permisah. Spesifikasi peralatan utama adalah sebagai berikut:

1. *Distiller* yang digunakan terbuat dari *stainless steel* dengan dimesnsi tinggi 30 cm, diameter 30 cm dan *volume* 22 liter
2. *Steam generator* yang digunakan terbuat dari *stainless steel* dengan dimensi tangki (tinggi = 40 cm; diameter = 25 cm) dan dilengkapi dengan alat untuk mengukur tekanan steam.
3. Kompor induksi yang digunakan merek Kris model IC-16 dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Daya maksimum : 1600 watt
 - Tegangan : 220 V/50 Hz

- Dimensi kompor : Panjang = 37 cm, Lebar = 29 cm, dan Tinggi = 5 cm

3.3 Prosedur Penelitian

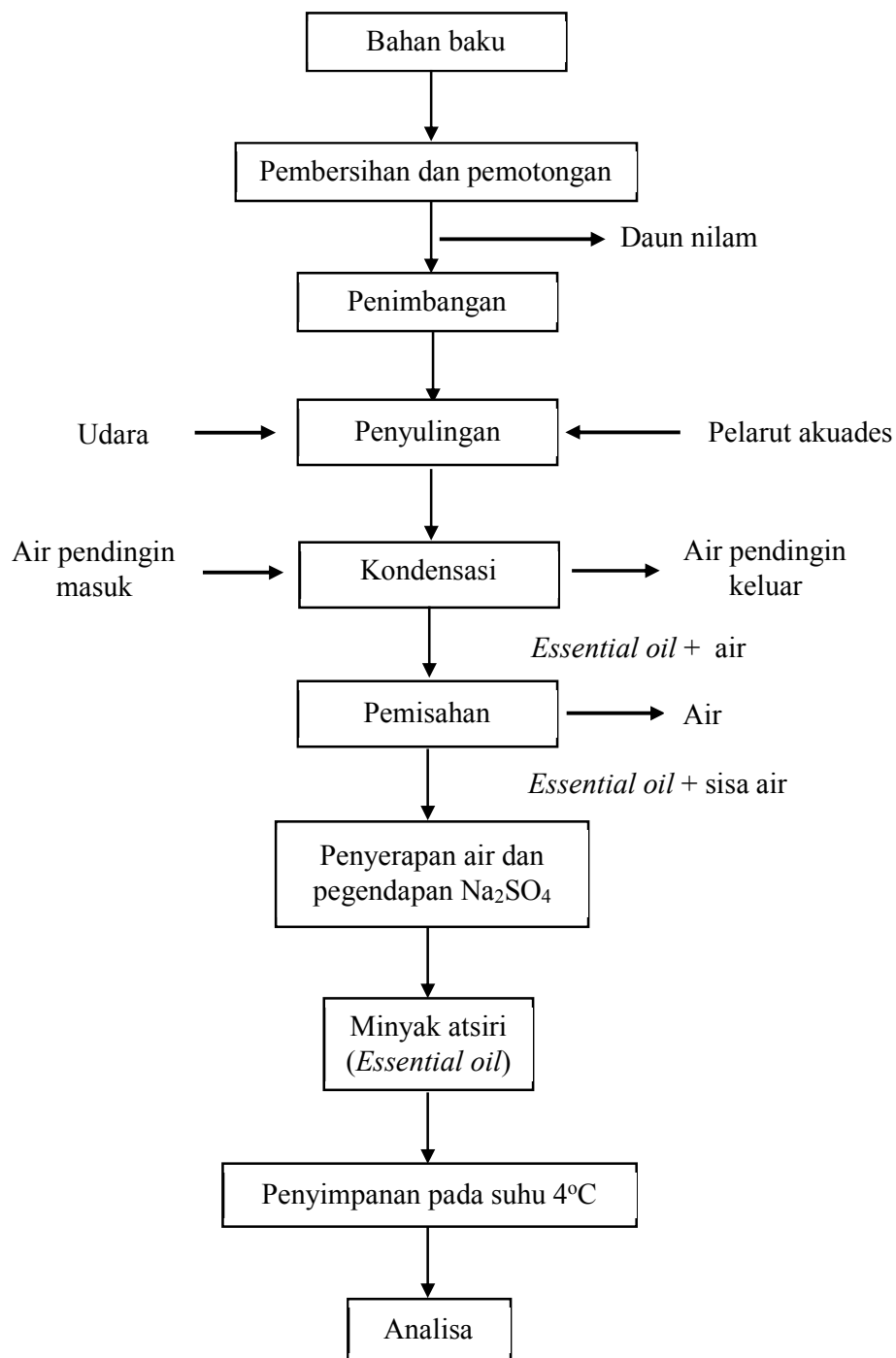
3.3.1 Metode *Air-Hydrodistillation*

1. Menimbang bahan baku sesuai dengan rasio bahan baku terhadap *solvent* yang telah ditentukan
2. Melakukan instalasi alat ekstraksi (Gambar 3.2)
3. Memasukkan bahan baku yang telah ditimbang pada *distiller* dan menambahkan pelarut (akuades)
4. Mengalirkan air pada sistem pendingin (kondensor)
5. Menyalakan kompresor untuk menambahkan aliran udara pada *distiller* yang telah terisi bahan baku dan pelarut
6. Mengatur laju aliran udara sesuai dengan kondisi operasi dan variabel penelitian yang telah ditentukan menggunakan *flowmeter*
7. Menyalakan kompor listrik yang telah terisi air hingga kondisi operasi 100°C
8. Menunggu sampai tetes pertama keluar dari *adaptor*
9. Menghitung waktu ekstraksi mulai tetes pertama keluar dari *adaptor*
10. Menghentikan proses ekstraksi setelah 8 jam
11. Memisahkan minyak dari air dengan menggunakan corong pemisah
12. Menambahkan Na₂SO₄ anhidrat untuk mengikat (menyerap) kandungan air yang masih terdapat dalam minyak atsiri
13. Menimbang minyak atsiri yang diperoleh dengan menggunakan neraca analitik
14. Menyimpan minyak atsiri dalam botol vial pada temperatur 4°C
15. Melakukan analisa terhadap minyak atsiri yang dihasilkan

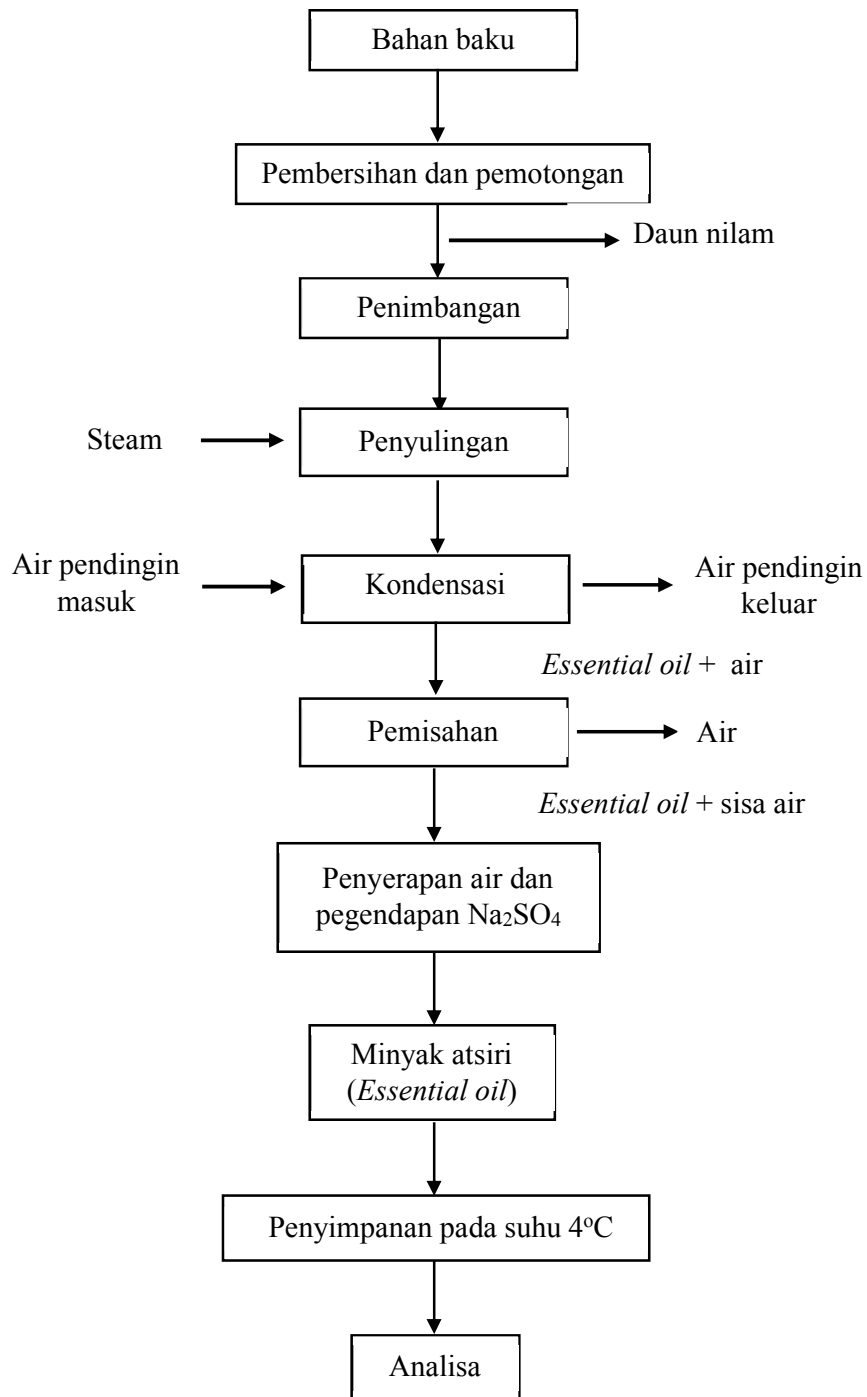
3.3.2 Metode *Steam Distillation*

1. Menimbang bahan baku sesuai dengan rasio bahan baku terhadap *solvent* yang telah ditentukan
2. Melakukan instalasi alat ekstraksi (Gambar 3.1)
3. Memasukkan bahan baku yang telah ditimbang pada *distiller* dan menambahkan pelarut (akuades)
4. Mengalirkan air pada sistem pendingin (kondensor)
5. Menyalakan *steam generator* yang telah terisi air hingga kondisi operasi 100°C
6. Menunggu sampai tetes pertama keluar dari *adaptor*
7. Menghitung waktu ekstraksi mulai tetes pertama keluar dari *adaptor*
8. Menghentikan proses ekstraksi setelah 8 jam
9. Memisahkan minyak dari air dengan menggunakan corong pemisah
10. Menambahkan Na₂SO₄ anhidrat untuk mengikat (menyerap) kandungan air yang masih terdapat dalam minyak atsiri
11. Menimbang minyak atsiri yang diperoleh dengan menggunakan neraca analitik
12. Menyimpan minyak atsiri dalam botol vial pada temperatur 4°C
13. Melakukan analisa terhadap minyak atsiri yang dihasilkan

3.4 Diagram Prosedur Penelitian



Gambar 3.3. Diagram prosedur penelitian untuk ekstraksi minyak nilam dengan metode *air-hydrodistillation*



Gambar 3.4. Diagram prosedur penelitian untuk ekstraksi minyak nilam dengan metode *steam distillation*

3.5 Kondisi Operasi dan Variabel Penelitian

3.5.1 Kondisi Operasi

Metode *steam distillation* dan *air-hidrodistillation*:

- a. Tekanan : ± 1 atm
- b. Daya : 1500 watt
- c. Volume *solvent* : 10 Liter
- d. Waktu ekstraksi : 8 jam dan diamati setiap 1 jam

3.5.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Kondisi bahan baku : Daun segar dan daun kering
- b. Ukuran bahan baku : Kondisi utuh dan cacah (± 1 cm)
- c. Rasio bahan baku terhadap *solvent* : 0,025; 0,05; 0,075; 0,100 dan 0,150 g/mL
- d. Laju alir udara : 0, 3, 5, 7 dan 10 L/min

3.6 Besaran yang Diukur dan Analisa terhadap Minyak Atsiri

Adapun beberapa besaran dan analisa yang dilakukan terhadap minyak nilam yang diperoleh antara lain:

1. Pengukuran *yield* minyak atsiri

$$Yield = \frac{\text{berat minyak atsiri yang dihasilkan}}{\text{berat bahan baku yang digunakan} \times (1 - \text{kadar air}(\%))} \times 100\%$$

(Chen *et al.* 2015)

Berikut rumus yang dapat digunakan untuk menghitung kadar air pada bahan:

$$\text{kadar air (dry basis)} = \frac{b-(c-a)}{(c-a)} \times 100\%$$

$$\text{kadar air (wet basis)} = \frac{b-(c-a)}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

a = berat cawan kering

b = berat bahan awal yang digunakan sebelum dikeringkan

c = berat konstan cawan berisi bahan kering

(Nadia , 2009)

2. Pengukuran *recovery* minyak atsiri

$$Recovery = \frac{\text{massa minyak atsiri hasil ekstraksi}}{\text{massa minyak atsiri hasil soxhlet}} \times 100\%$$

3. Minyak nilam (*patchouli oil*) dianalisa komposisinya dengan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS)
4. Daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth) sebelum dan sesudah diekstraksi dianalisa morfologi permukaannya dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)
5. Penetapan sifat fisik:
 - a. Analisa berat jenis dengan menggunakan piknometer
 - b. Analisa kelarutan dalam alkohol

3.7 Analisisa Minyak Nilam

3.7.1 Berat Jenis

Penentuan berat jenis dilakukan pada suhu 25°C menggunakan piknometer. Piknometer kosong yang telah dicuci kemudian dikeringkan dan ditimbang berat awal pikno kosong dengan menggunakan neraca analitik. Piknometer diisi dengan minyak nilam dan di hindari terjadinya gelembung udara didalam pikno. Permukaan minyak diatur sampai tanda garis, kemudian pikno yang berisi minyak di timbang.

$$\rho_m = \frac{W_1 - W_2}{V}$$

Keterangan:

- W₁ = Massa piknometer kosong
W₂ = Massa piknometer + minyak
V = Volume minyak

Nilai koreksi berat jenis minyak nilam dengan perubahan temperatur setiap 1°C masing-masing adalah 0,00073 (Guenther, 1990).

3.7.2 Kelarutan dalam Alkohol

Minyak atsiri sebanyak 1 mL di tempatkan didalam gelas ukur yang tertutup beukuran 25 mL. Kemudian ditambahkan etanol 90% tetes demi tetes, dimana setiap penambahan alcohol dilakukan pengocokan sampai diperoleh minyak dan alcohol telah larut sempurna.

3.7.3 Analisa GC-MS

Pada anilisa GC-MS, menggunakan sampel yang diperoleh dengan kondisi optimum, untuk metode *hydrodistillation* menggunakan sampel dari minyak hasil ekstraksi menggunakan daun nilam kering dengan ukuran daun utuh dan daun cacah (F/S ratio 0,100 g/mL dan $t = 480$ min). Sedangkan pada metode *air-hydrodistillation* menggunakan sampel dari minyak hasil ekstraksi menggunakan daun nilam kering dengan ukuran daun utuh ($F = 5$ L/min) dan daun cacah ($F = 3$ L/min) dengan F/S ratio 0,100 g/mL dan $t = 480$ min. Komposisi minyak nilam ditentukan oleh analisis kimia menggunakan *gas chromatography coupled to mass spectrometry* (GC-MS), pada *gas chromatography* menggunakan instrument Agilent 6980N Network GC System dengan autosampler (Surabaya, Indonesia), digabungkan dengan detektor (Agilent 5973 inert MSD) menggunakan dua kolom kapiler silika yang menyatu dengan fase diam yang berbeda. Kolom yang digunakan adalah J&W Scietific HP5MS™ (diameter 0,25 μm , panjang 30 m, dan film thickness 0,25 μm). Spektra GC-MS diperoleh dengan menggunakan kondisi berikut: gas pembawa menggunakan gas Helium dengan laju aliran 1,0 mL.min⁻¹; split ratio 1 : 100; suhu inlet 300°C; suhu oven (terprogram; suhu awal 50 °C (5 min) dengan kenaikan 10 °C/min dan suhu akhir 280 °C (15 min)). Identifikasi dikonfirmasi dengan perbandingan pola fragmentasi spektral massa dengan yang disimpan dalam database mass spectra (National Institute of Standards and Technology and Wiley libraries 7.0) dan dengan data literatur mass spectra (Adams, 1995; Arctander, 1994). Untuk setiap senyawa pada kromatogram, persentase luas puncak relatif terhadap luas puncak total dari semua senyawa ditentukan sedemikian sehingga jumlah relatif setiap senyawa dapat dilaporkan.

3.7.4 Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy)

Alat SEM yang digunakan untuk melihat trokhoma grandular pada daun nilam adalah menggunakan SEM JSM-6510LA dari fabrik JEOL (Surabaya, Indonesia), dengan fasilitas analisis komposisi kimia berupa detektor sinar X. Pada analisa SEM dalam penelitian ini, menggunakan sampel daun nilam kering sebelum diekstraksi dan daun nilam yang telah diekstraksi dengan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation*. Komponen utama alat SEM ini pertama adalah tiga pasang lensa elektromagnetik yang berfungsi memfokuskan berkas elektron menjadi sebuah titik kecil, lalu oleh dua pasang scan coil discan-kan dengan frekuensi variabel pada permukaan sampel. Yang kedua adalah sumber elektron, biasanya berupa filamen dari bahan kawat tungsten atau berupa jarum dari paduan Lantanum Hexaboride LaB₆ atau Cerium Hexaboride CeB₆, yang dapat menyediakan berkas elektron yang teoretis memiliki energi tunggal (monokromatik), Ketiga adalah imaging detector, yang berfungsi mengubah sinyal elektron menjadi gambar/image. Sesuai dengan jenis elektronnya, terdapat dua jenis detektor dalam SEM ini, yaitu detektor SE dan detektor BSE. Untuk menghindari gangguan dari molekul udara terhadap berkas elektron, seluruh jalur elektron (column) divakum hingga 10^{-6} torr.

3.8 Pemodelan Matematika

Pemodelan matematika untuk ekstraksi minyak nilam dengan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* yaitu pemodelan kinetika menggunakan model orde satu dan orde dua. Untuk menghitung model kinetika odrde satu dibuat *plot* antara $\log (C_s - C_t)$ dengan t untuk mendapatkan *slope* dan *intercept* yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju ekstraksi untuk orde satu (k_1) dan nilai kapasitas ekstraksi (C_s). Sedangkan untuk model kinetika orde dua dibuat *plot* antara t/C_t dengan t tuntuk menentukan kapasitas ekstraksi C_s , dan konstanta laju ekstraksi untuk orde dua k_2 dapat ditentukan secara eksperimental dari *slope* dan *intercept*.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Operasi pada Proses Ekstraksi Minyak Atsiri dari Daun Nilam

Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi minyak atsiri dari daun nilam dengan menggunakan metode *hydrodistillation*, *air-hydrodistillation* dan metode *steam distillation*. Pada proses ekstraksi minyak nilam ini akan menggunakan *distiller* yang berukuran besar dengan kapasitas 22 L. Pada proses ekstraksi minyak nilam dengan metode *air-hydrodistillation*, pelarut yang akan digunakan adalah air yang berasal dari PDAM dengan volume pelarut sebanyak 10 L. Pada metode *air-hydrodistillation* dilakukan *refluks* atau *recycle* pelarut yang terkandung dalam bahan ke dalam tangki *distiller* yang disebut kohobasi. Hal ini disebabkan karena apabila tidak ditambahkan atau dilakukan pengembalian air tersebut, maka bahan yang diekstrak akan lebih cepat mengalami kekosongan. *Recycle* atau kohobasi ini juga bertujuan untuk menghindari kehilangan minyak yang masih terikut dalam destilat air sehingga bisa didapatkan *yield* minyak yang maksimal serta membantu proses ekstraksi minyak berlangsung secara kontinyu (Kusuma & Mahfud, 2015).

Pertimbangan pemakaian pelarut pada metode *air-hydrodistillation* dengan *volume* 10 L adalah dikarenakan kapasitas tangki *distiller* yang akan digunakan. Dengan menambahkan pelarut dengan *volume* 10 L, maka ketinggian pelarut didalam telah mencapai hampir setengah tangki *distiller* sebelum ditambahkan bahan. Kemudian bahan yang digunakan adalah tanaman nilam dengan kondisi segar dan kering dengan rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* (F/S rasio) sebesar 0,025; 0,05; 0,075; 0,10 dan 0,15 g/mL. Pada penelitian sebelumnya yang terkait, penggunaan rasio yang digunakan adalah 0,05; 0,1; dan 0,15 g/mL (Kusuma *et al*, 2017a; Kusuma & Mahfud, 2017d). Pada penelitian ini rasio paling besar yang digunakan adalah 0,15 g/mL dengan jarak variabel yang diperkecil untuk mempermudah pengamatan fenomena yang terjadi.

Selain rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* berpengaruh terhadap *yield* minyak nilam yang dihasilkan, perlakuan terhadap bahan yang mengandung minyak juga berpengaruh terhadap *yield* minyak atsiri dan merupakan

salah satu hal yang harus perlu diperhatikan. Minyak atsiri yang terdapat dalam daun nilam dikelilingi oleh kelenjar minyak, pembuluh-pembuluh, kantung minyak atau rambut glandular. Apabila daun nilam dibiarkan dalam keadaan utuh, maka minyak atsiri hanya dapat diekstraksi jika uap air berhasil melalui jaringan bahan tanaman dan mendesaknya ke permukaan. Oleh karena itu perlakuan terhadap bahan juga dimasukkan dalam variabel percobaan. Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah daun nilam segar dan kering dengan perlakuan utuh dan cacah. Untuk daun nilam cacah, ukuran cacahan yang digunakan adalah ± 1 cm. Hal ini dikarenakan proses pencacahan dapat menyebabkan kelenjar minyak dapat menjadi terbuka sebanyak mungkin. Selain itu dengan adanya proses pencacahan, luas permukaan tanaman akan lebih besar lagi sehingga ketika dilakukan ekstraksi, laju penguapan minyak atsiri dari bahan tanaman menjadi lebih cepat (Guenther, 1987).

Pada metode *air-hydrodistillation*, terdapat penambahan udara yang masuk pada tangki *distiller* melalui sebuah kompressor. Laju aliran udara diatur melalui *flowmeter*. Laju aliran udara yang digunakan adalah 0 L/min, 3 L/min, 5 L/min, 7 L/min dan 10 L/min. Pemilihan laju alir udara dengan angka tersebut didasari pada penelitian terdahulu Kusuma *et al.* (2017a) dengan menggunakan laju alir udara 0; 1,5; dan 3 L/min. Namun penelitian tersebut dilakukan pada skala laboratorium dengan volume *solvent* 400 mL. Dengan perkiraan penambahan skala, maka laju alir udara diperbesar sehingga laju alir udara maksimal yang digunakan adalah 10 L/min. Pada percobaan ini dilakukan ekstraksi minyak nilam selama 8 jam, dimana setiap 1 jam dilakukan pengambilan minyak. Hal ini diperuntukkan mengamati *yield* per jam dari proses ekstraksi. Jam pertama dimulai ketika kondensat pertama menetes dalam corong pemisah. Selain pengamatan per jamnya, kondensat yang telah dipisahkan dari minyak atsiri dikembalikan atau di *reflux* ke dalam tangki *distiller*. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga rasio antara massa bahan baku dengan volume *solvent* agar tetap dan tidak terjadi kekosongan didalam tangki *distiller*.

Dalam penelitian ini, juga dipelajari pengaruh dari beberapa parameter pada ekstraksi minyak nilam seperti pengaruh metode yang digunakan, kondisi bahan (segar dan kering) dan ukuran bahan (utuh dan cacah). Dimana dalam penelitian ini terdapat tiga metode yang digunakan untuk ekstraksi minyak nilam meliputi metode

hydrodistillation, *air-hydrodistillation* dan metode *steam distillation*. Dimana metode ekstraksi sangat berpengaruh terhadap *yield* dan kualitas minyak nilam yang diperoleh. Selain metode terdapat beberapa parameter yang berpengaruh terhadap *yield* dan kualitas dari minyak nilam yang diperoleh, meliputi rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent*, laju alir udara, dan perlakuan bahan baku.

4.2 Parameter yang Berpengaruh pada Ekstraksi Minyak Nilam dengan Metode *Hydrodistillation* dan *Air-hydrodistillation*

4.2.1 Pengaruh kadar air terhadap *yield* minyak nilam

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berat kering (*dry basis*). Kadar air mempunyai pengaruh dan peranan yang besar terhadap mutu suatu produk yaitu *yield* minyak nilam. Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode *termogravimetri* (metode oven). Sampel yang akan dihitung kadar airnya ditimbang terlebih dahulu lalu dikeringkan pada oven suhu 110°C selama 2 jam. Setelah itu didinginkan di udara terbuka dan kemudian ditimbang. Selanjutnya dikeringkan lagi pada oven dengan suhu 110°C selama 1 jam, didinginkan di udara terbuka dan kemudian ditimbang hingga diperoleh massa yang konstan. Perhitungan kadar air diperoleh dengan membandingkan massa sampel sebelum dioven dan massa yang hilang setelah dioven dikalikan 100% (Jolly & Hadlow, 2012).

Faktor kadar air digunakan untuk dapat membandingkan *yield* minyak ketika memiliki rasio bahan yang berbeda dan kondisi bahan yang berbeda. Sehingga ketika faktor kadar air tidak dimasukkan maka besarnya *yield* antara bahan segar dan kering tidak dapat dibandingkan. Oleh karena itu, perlu dimasukkannya faktor kadar air (1-kadar air %) dalam perhitungan *yield* minyak sehingga selanjutnya dapat dibandingkan. Dimana pada penelitian ini, perhitungan kadar air menggunakan dasar *wet basis*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini bervariasi yaitu daun nilam pada kondisi segar dan kondisi kering, dikarenakan bahan yang datang secara bergantian maka perlu diperhitungkan kadar air yang terkandung dalam bahan. Sehingga untuk

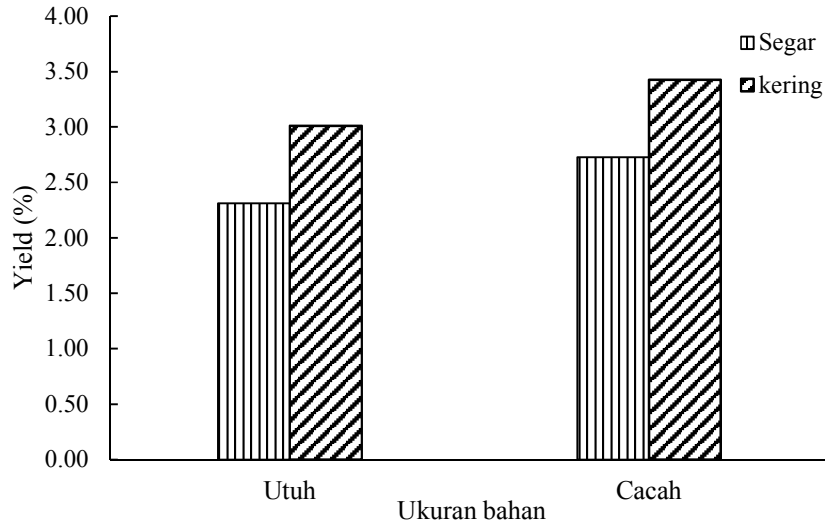
menghitung *yield* minyak nilam yang dihasilkan perlu diperhitungkan kadar air yang terkandung dalam bahan tersebut. Berikut pada Tabel 4.1 disajikan data kadar air dari bahan yang digunakan.

Tabel 4.1 Data kadar air bahan dan pengaruhnya terhadap massa bahan

No	Metode	Kondisi	Ukuran bahan	Kadar air (%)
1	<i>Hydrodistillation</i>	Kering	Utuh	13,7765
			Cacah	19,6505
		Segar	Utuh	82,7352
			Cacah	74,1521
2	<i>Air-hydrodistillation</i>	Kering	Utuh	13,7765
			Cacah	17,9034
		Segar	Utuh	85,0731
			Cacah	86,9663
3	<i>Steam distillation</i>	Kering	Utuh	16,7786
			Cacah	16,9876

Berdasarkan Tabel 4.1 untuk daun nilam kering yang dipesan dari Kabupaten Trenggalek dan daun nilam didatangkan beberapa kali untuk memenuhi kebutuhan penelitian sehingga memiliki kadar air yang berbeda beda. Pada penelitian ini perhitungan kadar air dihitung untuk setiap variable penelitian yang akan di run. Pada Tabel 4.1 untuk metode *hydrodistillation* dengan kondisi daun kering memiliki kadar air (13,7765 utuh dan 19,6505 cacah), sedangkan dengan kondisi daun kering memiliki kadar air (82,7352 utuh dan 74,1521 cacah). Pada metode *air-hydrodistillation* dengan kondisi daun kering memiliki kadar air (13,7765 utuh dan 17,9034 cacah), sedangkan dengan kondisi daun kering memiliki kadar air (85,0731 utuh dan 86,9663 cacah). Serta kadar air pada metode *steam distillation* dengan kondisi daun kering memiliki kadar air (16,7786 utuh dan 16,9876 cacah). Perbedaan konsentrasi kadar air dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya lamanya waktu pengeringan, proses penyimpanan bahan dan waktu penyimpanan. Sedangkan untuk daun nilam segar memiliki kadar air yang lebih

tinggi dibandingkan dengan daun nilam kering. Untuk daun nilam segar kadar air yang dimiliki sekitar $\pm 80\%$.



Gambar 4.1 Pengaruh kondisi bahan terhadap *yield* minyak nilam dengan metode metode *air-hydrodistillation* ($F = 5$ L/min daun segar dan $F = 3$ L/min daun kering, $F/S = 0,100$ g/mL, dan $t = 480$ min)

Pada penelitian ini, ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *air-hydrodistillation* dari bahan kering menghasilkan *yield* lebih besar dibandingkan dari kondisi bahan segar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. *Yield* yang lebih besar ini disebabkan oleh pengaruh proses pengeringan pada bahan tersebut. Menurut Ayyobi *et al.* (2014), proses pengeringan memiliki efek yang signifikan terhadap *yield* minyak atsiri. Ada berbagai macam metode pengeringan di antaranya dengan sinar matahari, dimasukan oven dengan suhu tertentu, dibiarkan di tempat teduh, hingga pengeringan dengan cara *freeze-drying* (Pirbalouti *et al.*, 2013). Dimana pada penelitian ini, pengeringan daun nilam dilakukan dengan dibiarkan di tempat teduh.

Selain karena proses pengeringan, penyebab lain *yield* minyak nilam dari ekstraksi dengan metode *air-hydrodistillation* menggunakan bahan kering lebih besar dari pada bahan segar yaitu dikarenakan adanya pengaruh kadar air yang terkandung dalam bahan dan jumlah air dalam *distiller*. Dengan jumlah air dalam *distiller* yang kecil maka akan mempercepat kenaikan suhu. Dengan kenaikan suhu

yang cepat ini, maka akan mempercepat terbukanya kelenjar minyak dan juga menyebabkan laju kenaikan *yield* yang menjadi lebih cepat. Sehingga *yield* yang dihasilkan pada ekstraksi minyak nilam untuk bahan kering dengan metode *air-hydrodistillation* dapat menjadi lebih tinggi apabila dibandingkan dengan bahan segar.

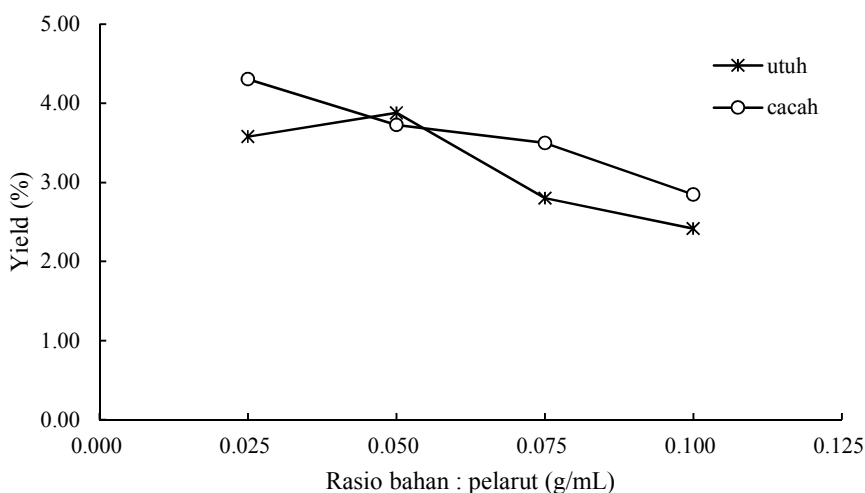
4.2.2 Pengaruh Rasio Antara Massa Bahan Baku dengan *Volume Solvent* terhadap *Yield* Minyak Nilam Menggunakan Metode *Hydrodistillation*

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi proses ekstraksi adalah pemilihan rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* yang digunakan (F/S ratio). Pada metode *air-hydrodistillation* dan *hydrodistillation*, pelarut yang digunakan berasal dari air PDAM untuk ekstraksi minyak nilam dengan jumlah volume pelarut sebanyak 10 liter. Pada penelitian (Kusuma *et al.* 2017a), dilakukan ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *microwave air-hydrodistillation* dengan rasio massa bahan baku terhadap *volume solvent* sebesar 0,05; 0,10; 0,15 dan 0,20 g/mL dan *volume solvent* sebesar 400 mL. Pada penelitian ini menggunakan *rasio* yang lebih kecil dari pada penelitian sebelumnya. Hal ini menyebabkan rasio massa bahan baku terhadap *volume solvent* untuk ekstraksi minyak nilam yang sama dengan jarak variabel yang diperkecil untuk mempermudah pengamatan fenomena yang terjadi. yaitu 0,025; 0,050; 0,075; 0,100 dan 0,150 g/mL. Pemilihan *volume solvent* (akuades) yang digunakan tersebut didasarkan atas kebutuhan pelarut untuk dapat merendam seluruh bahan yang akan diekstrak serta untuk menghindari terjadinya kekosongan pada bahan. Selain itu, tujuan dari pemilihan volume pelarut sebanyak 10 L pada daun nilam adalah untuk meminimalkan penggunaan pelarut. Maka, pada penelitian ini dipelajari tentang pengaruh rasio antara massa bahan baku terhadap *volume solvent*.

Pembahasan mengenai rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut dan kapasitas alat destilasi (*distiller*) ini bermanfaat nantinya untuk proses *scale up* alat dalam yang lebih besar (skala industri). Aplikasinya untuk menentukan perbandingan bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut dan kapasitas *volume* alat destilasi (ketel suling) yang dapat digunakan agar diperoleh *yield* yang

maksimal. Mengingat salah satu faktor yang menyebabkan berkurangnya *yield* minyak atsiri seiring dengan semakin besarnya rasio antara massa bahan baku yang akan diekstrak dengan *volume solvent* adalah faktor kepadatan bahan, yang merupakan rasio antara massa bahan dan kapasitas volume tangki *distiller* yang digunakan. Faktor rasio ini terkait dengan padatnya (jumlah bahan dalam *distiller*) kondisi bahan baku yang dimasukkan dalam tangki destilasi (*distiller*), sehingga proses ekstraksi dan penguapan minyak bisa berjalan secara sempurna.

Rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* merupakan salah satu parameter penting yang perlu dioptimasi. Secara garis besar pada ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *hydrodistillation* menunjukkan bahwa semakin banyak bahan baku yang digunakan, maka massa minyak nilam yang diperoleh akan semakin menurun. Namun banyaknya massa bahan baku dan besarnya minyak nilam yang didapat, tidak selalu berkorelasi positif dengan peningkatan *yield* minyak nilam yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena *yield* minyak nilam dipengaruhi oleh faktor rasio antara massa minyak nilam yang diperoleh dan massa bahan baku awal. Profil *yield* minyak nilam yang diperoleh terhadap rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* dari metode *hydrodistillation* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengaruh rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* terhadap *yield* minyak nilam menggunakan metode *hydrodistillation* (daun nilam kering, $t = 480$ min)

Ekstraksi minyak atsiri dengan menggunakan metode *hydrodistillation* merupakan ekstraksi yang mempunyai prinsip yang sama pada ekstraksi dengan menggunakan uap (evaporasi). Berdasarkan Gambar 4.2 tersebut terlihat bahwa *yield* minyak nilam yang diperoleh menggunakan metode *hydrodistillation* dengan ukuran cacah menghasilkan *yield* minyak nilam yang lebih tinggi dibandingkan dengan daun nilam pada kondisi utuh. *Yield* minyak nilam yang diperoleh menggunakan metode *hydrodistillation* pada F/S ratio 0,025 g/mL dengan ukuran bahan cacah didapat *yield* minyak sebesar 4,3047% sedangkan dengan rasio dan metode yang sama tetapi bahan dalam kondisi utuh didapati *yield* minyak sebesar 3.5797%. Selain itu dapat dilihat juga bahwa semakin tinggi rasio antara massa bahan baku terhadap volume *solvent* (F/S rasio) yaitu pada rasio 0,050 g/mL; 0,075 g/mL dan 0,100 g/mL *yield* minyak nilam yang dihasilkan semakin menurun. Adanya penurunan *yield* minyak nilam seiring dengan semakin besarnya rasio F/S yang lebih besar dari 0,025 g/mL disebabkan karena massa bahan baku (daun nilam) yang digunakan sudah terlampaui banyak (padat) dan hampir memenuhi tangki *distiller*.

Penurunan ini sesuai dengan pernyataan Guenther, (1990) dan Chen *et al.* (2015), bahwa kepadatan bahan yang dimasukkan akan berpengaruh pada laju penetrasi uap. Dimana hal ini mengakibatkan uap menjadi sulit berpenetrasi ke dalam bahan untuk membawa molekul minyak atsiri terdifusi keluar dari bahan. Tingkat kepadatan bahan berhubungan erat dengan besar ruangan antar bahan. Kepadatan bahan yang terlalu tinggi dan tidak merata dapat menyebabkan terbentuknya jalur uap “*rat holes*” yang dapat menurunkan *yield* dan mutu minyak atsiri. Selain itu dengan semakin besarnya kepadatan bahan juga mengakibatkan laju penyulingan atau penguapan minyak atsiri akan menjadi semakin lambat. Hal ini dikarenakan terhambatnya ruang gerak uap untuk bisa menguap menuju kondensor, yang akhirnya menyebabkan berkurangnya *yield* minyak nilam yang diperoleh dan menurunkan efisiensi penyulingan. Kemudian Chen *et al.* (2018) menambahkan pada *volume solvent* yang semakin besar, maka akan meningkatkan *driving force*. Sehingga *yield* yang dihasilkan pada *solvent* yang kecil akan semakin

kecil. Rasio terbaik yang didapat pada metode *hydrodistillation* adalah pada rasio 0,025 g/mL dimana merupakan titik puncak *yield* yang dihasilkan pada metode *hydrodistillation*.

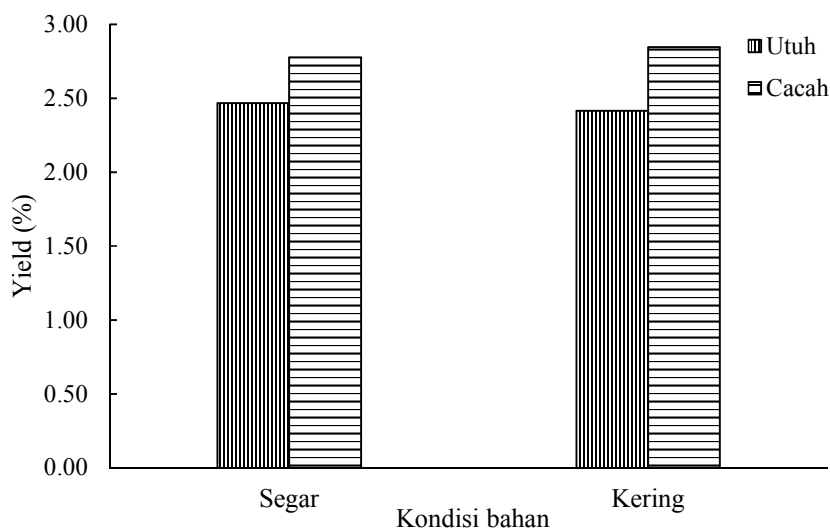
Pada penelitian ini, ekstraksi dengan metode *hydrodistillation* dengan skala yang lebih besar dari daun nilam kering dengan massa bahan sebesar 500 g dan *volume solvent* 10 L (F/S ratio 0.05 g/mL) selama waktu ekstraksi 480 menit diperoleh *yield* minyak nilam sebesar 3,8808 %. Pada penelitian terdahulu yaitu Kusuma dan Mahfud (2017a) juga telah melakukan ekstraksi menggunakan metode *hydrodistillation* dengan skala laboratorium dari daun nilam dengan F/S ratio 0.05 g/mL waktu ekstraksi selama 360 menit diperoleh *yield* minyak nilam sebesar 2,6220%. Berdasarkan data di atas diketahui bahwa dengan metode yang sama tetapi skala alat yang digunakan berbeda, maka dapat dikatakan hasil penelitian ini lebih besar jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatkan kapasitas pada alat ekstraksi maka *yield* yang dihasilkan juga dapat lebih tinggi. Hal ini dimungkinkan dengan jumlah bahan yang digunakan sedikit akan menyulitkan untuk melihat minyak yang akan keluar dari bahan dan menyebabkan kesalahan dalam proses pengambilan minyak dengan jumlah bahan yang sedikit.

4.2.3 Pengaruh Ukuran Bahan Baku terhadap *Yield* Minyak Nilam

Pada penelitian ini, bahan baku menggunakan daun nilam segar dan daun nilam kering, dengan ukuran bahan utuh dan cacah (± 1 cm). Pemotongan dilakukan karena minyak atsiri di dalam bahan dikelilingi oleh kelenjar minyak, pembuluh-pembuluh, kantong minyak atau rambut glandular, sehingga apabila bahan dibiarkan utuh, minyak atsiri hanya dapat terekstrak apabila uap air berhasil melalui jaringan tanaman dan mendesaknya ke permukaan. Proses ini hanya dapat terjadi karena peristiwa hidrodifusi, suatu fenomena yang penting dalam proses ekstraksi minyak nilam. Proses difusi akan berlangsung sangat lambat apabila bahan dibiarkan dalam keadaan utuh. Hal ini disebabkan karena kecepatan minyak yang terekstrak ditentukan oleh kecepatan difusi. Oleh karena itu, pada penelitian ini

dilakukan proses pemotongan pada daun nilam sehingga dapat menyebabkan kelenjar minyak dapat menjadi terbuka sebanyak mungkin.

Adapun pengaruh ukuran bahan terhadap *yield* minyak nilam yang diekstraksi menggunakan metode *hydrodistillation* dengan kondisi bahan segar dan kering dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Pengaruh ukuran bahan baku terhadap *yield* minyak nilam yang diperoleh dengan metode *hydrodistillation* (F/S ratio 0,100 dan $t = 480$ min)

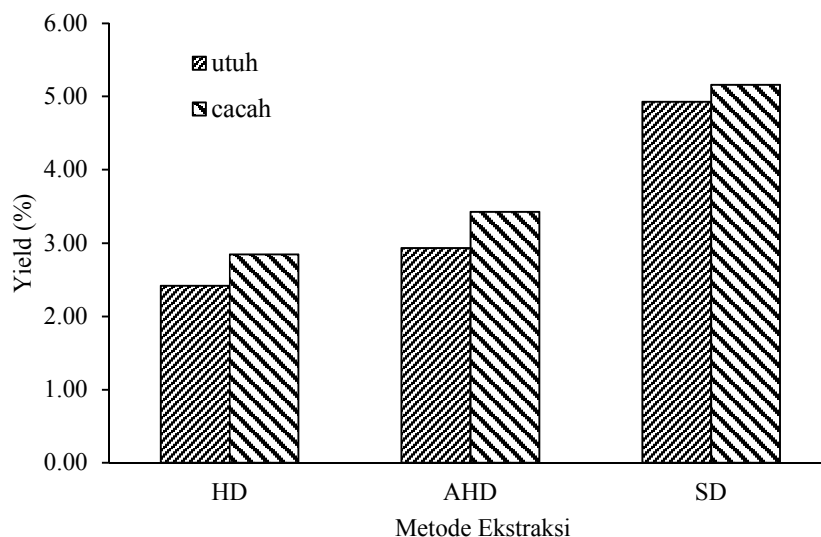
Berdasarkan Gambar 4.3 untuk bahan nilam segar dan kering dengan F/S rasio 0,100 g/mL terlihat bahwa dengan ukuran bahan yang lebih kecil, maka *yield* yang dihasilkan juga akan semakin besar. Sehingga dapat dikatakan bahwa pada ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *hydrodistillation* untuk daun nilam segar dan kering peningkatan *yield* terjadi seiring dengan semakin kecilnya ukuran bahan. Hal ini dapat terjadi karena proses pencacahan menyebabkan kelenjar minyak dapat menjadi terbuka sehingga *yield* yang didapat juga akan semakin tinggi. Selain itu dengan adanya proses pencacahan, ukuran ketebalan bahan tanaman di tempat terjadinya difusi akan berkurang. Sehingga ketika dilakukan ekstraksi, laju penguapan minyak atsiri dari bahan tanaman menjadi cukup cepat (Guenther, 1987).

4.2.4 Pengaruh Metode Ekstraksi terhadap *Yield* Minyak Nilam

Dalam penelitian ini menggunakan tiga metode untuk ekstraksi minyak nilam, yaitu metode *hydrodistillation*, *air-hydrodistillation* dan *steam distillation*. Tujuan menggunakan metode tersebut adalah untuk membandingkan *yield* minyak nilam yang diperoleh dan mempelajari pengaruh penambahan aliran udara pada metode *air-hydrodistillation*. Metode *hydrodistillation* adalah metode ekstraksi konvensional dimana bahan yang akan diekstraksi akan berhubungan langsung dengan pelarut (air PDAM). Bahan yang akan diekstraksi kemungkinan mengambang atau mengapung di atas air atau terendam seluruhnya, tergantung pada berat jenis dan kuantitas bahan yang akan diekstrak.

Metode *hydrodistillation* ini disebut juga metode perebusan, ketika bahan direbus minyak atsiri akan menguap bersama uap air, kemudian dilewatkan melalui kondensor untuk dikondensasi. Sedangkan metode *air-hydrodistillation* adalah metode ekstraksi penambahan aliran udara pada saat proses ekstraksi. Pada proses ekstraksi minyak atsiri pada metode *air-hydrodistillation* prosesnya hampir sama seperti metode ekstraksi *hydrodistillation*, hanya saja pada metode *air-hydrodistillation* ditambahkan aliran udara ke dalam tangki *distiller* pada saat proses ekstraksi berlangsung. Pada metode *air-hydrodistillation* dan *hydrodistillation*, dilakukan *refluks* atau *recycle* pelarut yang terkandung dalam bahan ke dalam tangki *distiller* yang disebut kohobasi. *Recycle* ini juga bertujuan untuk menghindari kehilangan minyak yang masih terikut dalam distilat air sehingga bisa didapatkan *yield* minyak yang maksimal serta membantu proses ekstraksi minyak berlangsung secara kontinyu.

Pada ekstraksi minyak nilam dengan metode *steam distillation*, bahan baku tidak kontak langsung dengan air maupun api namun hanya uap bertekanan yang digunakan untuk mengekstrak minyak. Prinsip kerja metode ini adalah membuat uap bertekanan didalam boiler yang terpisah dengan tangki *distiller*, kemudian uap tersebut dialirkan melalui pipa dan masuk *distiller* yang berisi bahan baku. Uap yang keluar dari *distiller* dihubungkan dengan kondensor. Minyak dan air yang keluar dari kondensor ditampung dalam corong pemisah untuk memisahkan campuran minyak dan air sesuai berat jenis.



Gambar 4.4 Pengaruh metode ekstraksi terhadap *yield* minyak nilam (daun kering utuh, $F = 3 \text{ L/min}$, $F/S = 0,100 \text{ g/mL}$, dan $t = 480 \text{ min}$)

Pada penelitian ini ukuran bahan daun nilam yang digunakan dalam berbentuk daun utuh dan daun cacah ($\pm 1 \text{ cm}$). Adapun pengaruh metode ekstraksi terhadap *yield* minyak nilam, berdasarkan Gambar 4.4 secara umum terlihat bahwa *yield* minyak nilam yang paling tinggi dihasilkan dengan dari ke tiga metode tersebut menunjukkan metode *steam distillation* menghasilkan *yield* minyak yang paling tinggi (utuh 4,9289%; cacah 5,1607 %) dibandingkan dengan metode *hydrodistillation* (utuh 2,4163 %; cacah 2,8454 %), *air-hydrodistillation* (utuh 2,9315 %; cacah 3,4252 %). Hal ini dikarenakan uap panas yang dihasilkan pada metode *steam distillation* membantu melepaskan molekul aromatik dari bahan tanaman. Karena kekuatan uap yang dihasilkan ampu membuka kelenjar minyak secara sempurna pada bahan sehingga molekul-molekul minyak atsiri ini terlepas dari bahan tanaman dan ikut menguap (Yadav *et al.* 2017). Hal yang sama juga dilaporkan oleh Boutekedjiret *et al.* (2003) untuk ekstraksi *rosemary*, menghasilkan *yield* minyak atsiri yang lebih tinggi menggunakan metode *steam distillation* dari pada *hydrodistillation*. Muhammad *et al.* (2013), juga telah melakukan ekstraksi minyak jeruk purut (*kaffir lime oil*) menggunakan bahan berupa kulit jeruk dengan metode *steam distillation*. Berdasarkan penelitian tersebut diketahui *yield* minyak

jeruk purut (*kaffir lime oil*) yang diperoleh dipengaruhi oleh temperatur *steam* yang digunakan. Semakin tinggi temperatur *steam* yang digunakan, maka *yield* minyak jeruk purut yang dihasilkan menjadi semakin tinggi. Meskipun hal ini tidak sebanding dengan kualitas dari minyak jeruk purut yang diperoleh.

Pada penelitian ini hasil analisa fisik minyak nilam dengan ekstraksi menggunakan metode *steam distillation* memiliki tingkat kelatutan dalam alkohol yang tinggi 1 : 24, hal ini tidak sesuai dengan standard SNI dan ISO. Dimana kelarutan dalam alkohol menurut standard SNI dan ISO untuk minyak nilam sendiri adalah 1 : 10. Selain itu warna minyak nilam yang diperoleh dengan metode steam distillation, memiliki warna kuning keruh. Hal ini menunjukkan, meski minyak nilam dengan metode *steam distillation* memiliki *yield* yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode *air-hydrodistillation*. Tetapi dari segi kualitas minyak yang dihasilkan masih belum sesuai SNI.

Yield minyak nilam yang diperoleh pada metode *air-hydrodistillation* menghasilkan *yield* minyak yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode *hydrodistillation* untuk kondisi bahan utuh maupun bahan cacah. Hal ini disebabkan penambahan aliran udara pada metode *air-hydrodistillation* mampu meningkatkan *yield* minyak nilam yang dihasilkan. Dimana aliran udara yang diberikan berperan dalam mengoptimalkan proses pengadukan pada saat ekstraksi serta membawa komponen fraksi berat yang berada di dalam membran sel atau jaringan tanaman sehingga komponen fraksi berat tersebut terdifusi keluar. Minyak nilam termasuk minyak berat yang dimana diduga terdapat beberapa komponen fraksi berat yang sulit terekstrak tanpa adanya penambahan aliran udara.

Fenomena yang sama juga dilaporkan oleh Kusuma dan Mahfud (2017d), untuk ekstraksi minyak nilam dari daun nilam menggunakan metode *microwave hydrodistillation* menghasilkan *yield* minyak nilam 1,9437%, sedangkan hasil ekstraksi minyak nilam dengan penambahan aliran udara (*microwave air hydrodistillation*) ke dalam *distiller* menghasilkan *yield* yang lebih tinggi 2,7678%. Kusuma dan Mahfud (2016) juga melaporkan bahwa ekstraksi minyak cendana dengan *microwave air-hydrodistillation* menghasilkan *yield* minyak atsiri yang lebih tinggi serta proses ekstraksi yang lebih cepat dibandingkan dengan ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation*. Hal ini menunjukkan bahwa

penambahan aliran udara ke dalam *distiller* pada saat proses ekstraksi mampu meningkatkan *yield* minyak atsiri (*patchouli oil*).

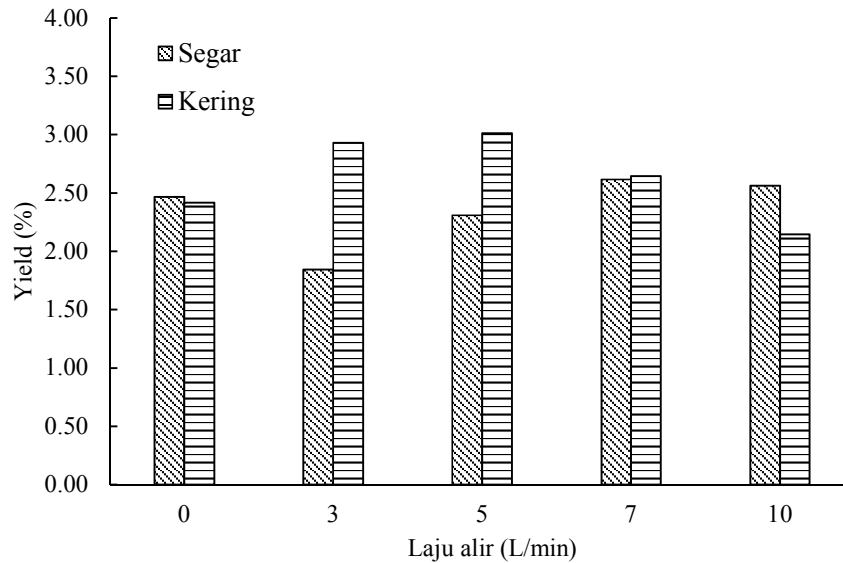
4.2.5 Pengaruh Laju Alir Udara pada Metode *Air-Hydrodistillation* Terhadap *Yield* Minyak Nilam

Untuk dapat mempelajari pengaruh penambahan aliran udara pada metode *air-hydrodistillation* dan membandingkan *yield* minyak nilam yang diperoleh, maka pada penelitian ini dilakukan ekstraksi dengan metode *hydrodistillation*. Metode tersebut sama seperti halnya metode *air-hydrodistillation* namun tanpa adanya penambahan aliran udara (laju aliran udara 0 L/min) yang juga merupakan variabel laju aliran udara. Selain membandingkan kedua metode tersebut, juga menggunakan bahan dengan kondisi bahan utuh dan cacah dalam kondisi daun nilam segar dan daun nilam kering. Pengaruh penambahan aliran udara dapat dilihat pada Gambar 4.5.

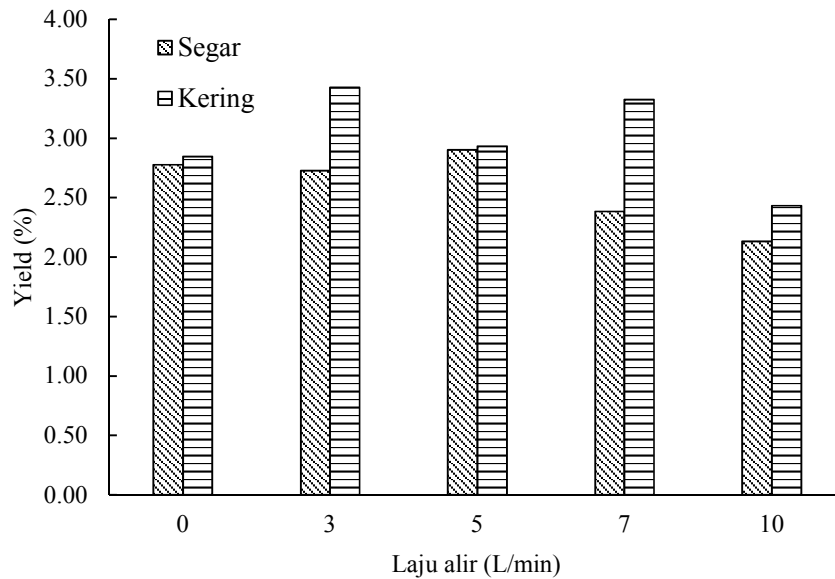
Pengaruh kondisi bahan baku terhadap *yield* pada berbagai laju aliran udara dijelaskan pada Gambar 4.5. Terdapat dua ukuran bahan baku yaitu utuh dan cacah dengan kondisi bahan segar dan kering serta menggunakan lima laju alir udara yaitu 0, 3, 5, 7 dan 10 L/min. Secara umum pada Gambar 4.5 pada berbagai aliran udara dapat dilihat, bahwa *yield* minyak nilam baik kondisi bahan utuh maupun cacah dengan kondisi daun kering menghasilkan *yield* minyak nilam yang lebih tinggi dibandingkan daun segar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Jahongir *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa dengan memperkecil ukuran partikel maka akan memperluas permukaan kontak. Sehingga *yield* minyak hasil ekstraksi akan semakin besar.

Kemudian pada Gambar 4.5 dapat dilihat aliran udara yang optimum untuk ekstraksi minyak nilam dengan kondisi daun utuh kering adalah dengan aliran udara 5 L/min dengan *yield* yang diperoleh 3,0107 %. Sedangkan aliran udara yang optimum untuk ekstraksi minyak nilam dengan kondisi daun cacah kering adalah dengan aliran udara 3 L/min dengan *yield* yang diperoleh 3,4215 %. Hal ini menunjukan bahwa untuk ukuran daun utuh, aliran udara yang digunakan lebih besar dibandingkan dengan aliran udara yang digunakan untuk ekstraksi minyak nilam

dari daun nilam cacah. Ini disebabkan karena ukuran bahan akan mempengaruhi aliran udara yang digunakan untuk ekstraksi minyak nilam. Dengan semakin kecil ukuran bahan maka akan mempengaruhi kepadatan bahan sehingga hanya membutuhkan aliran udara yang kecil pada saat proses ekstraksi berlangsung.



(a)



(b)

Gambar 4.5 Pengaruh laju alir udara menggunakan metode *air-hydrodistillation* terhadap *yield* minyak nilam (a) Ukuran daun utuh, (b) Ukuran daun cacah (F/S = 0,100 g/mL dan t = 480 min)

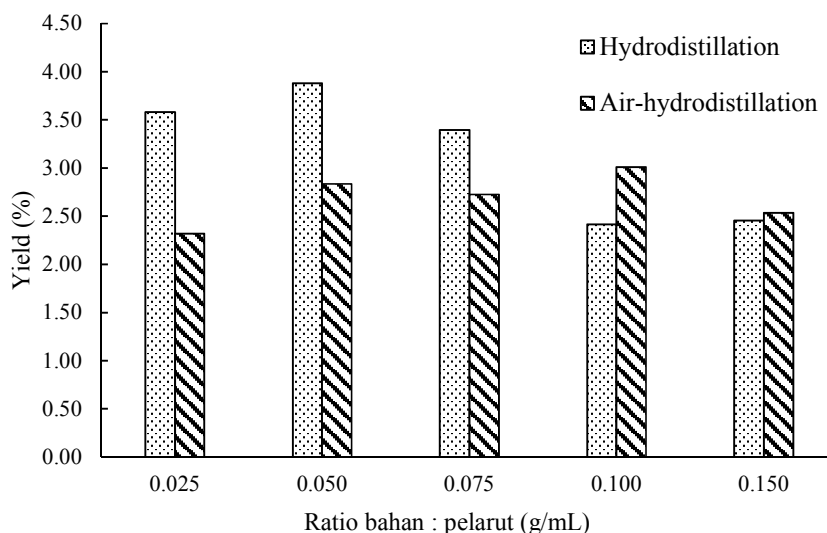
Pada Gambar 4.5 terlihat *yield* minyak nilam yang diperoleh dari ekstraksi dengan menggunakan metode *hydrodistillation* (laju alir udara 0 L/min) kondisi daun cacah diperoleh *yield* minyak sebesar 2,8455 % kering dan 2.7765 % segar. Sedangkan ekstraksi minyak menggunakan metode *air-hydrodistillation* dengan laju aliran udara 5,0 L/min kondisi daun cacah memberikan *yield* minyak nilam sebesar 2,9315 % kering dan 2.9006 % segar. Hal ini menunjukkan dengan adanya penambahan aliran udara untuk ekstraksi minyak nilam, aliran udara ini mampu meningkatkan jumlah *yield* yang dihasilkan. Hal ini disebabkan dengan adanya penambahan aliran udara, maka dapat membantu mengoptimalkan proses pengadukan pada saat ekstraksi. Dimana proses pengadukan ini berpengaruh secara langsung terhadap proses perpindahan massa pada fase pelarut. Hal inilah yang kemudian menyebabkan kesetimbangan antara fase cairan dan uap pada ekstraksi minyak nilam yang diperoleh dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* dapat tercapai lebih cepat apabila dibandingkan dengan yang diperoleh menggunakan metode *hydrodistillation* (Chemat & Cravotto, 2013).

Selain itu, adanya aliran udara diduga juga berperan dalam membantu membawa komponen minyak penting yang berada di dalam membran sel atau jaringan tanaman yang sulit terdifusi keluar. Hal ini disebabkan karena minyak nilam termasuk minyak berat yang dimana terdapat beberapa komponen fraksi berat yang sulit terekstrak tanpa adanya penambahan aliran udara. Namun pada laju aliran udara 7 L/min dan 10 L/min *yield* minyak nilam yang diperoleh menurun (2,6444% dan 1,8301%). Penurunan *yield* ini dikarenakan dengan adanya laju aliran udara yang lebih besar dapat memungkinkan adanya minyak nilam yang hilang. Selain itu juga dikarenakan dengan semakin besarnya laju udara maka dapat menyebabkan terjadinya penurunan panas pada proses ekstraksi yang kemudian akan menyebabkan semakin kecilnya *yield* minyak yang diperoleh (Wang *et al.* 2018).

4.2.6 Pengaruh Rasio Terhadap Metode Ekstraksi yang Digunakan

Rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* merupakan salah satu parameter penting yang perlu dioptimasi. Secara garis umum pada ekstraksi

minyak nilam menggunakan metode *air-hydrodistillation* dan metode *hydrodistillation* menunjukkan bahwa semakin banyak bahan baku yang digunakan, maka massa minyak nilam yang diperoleh akan semakin meningkat. Namun, banyaknya massa bahan baku dan besarnya minyak nilam yang didapat, tidak selalu berkorelasi positif dengan peningkatan *yield* minyak nilam yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena *yield* minyak nilam dipengaruhi oleh faktor rasio antara massa minyak nilam yang diperoleh dan massa bahan baku awal. Profil *yield* minyak nilam yang diperoleh terhadap rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* dari metode *air-hydrodistillation* dan metode *hydrodistillation* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pengaruh rasio terhadap metode ekstraksi yang digunakan (daun nilam kering utuh, $F = 5 \text{ L/min}$, dan $t = 480 \text{ min}$)

Pada Gambar 4.6 dapat diamati distribusi pengaruh berbagai rasio bahan baku terhadap *yield* minyak nilam dengan menggunakan metode yang berbeda (metode *air-hydrodistillation* dan metode *hydrodistillation*). Berdasarkan Gambar 4.6 tersebut terlihat bahwa *yield* minyak nilam yang diperoleh menggunakan metode *hydrodistillation*, secara umum semakin besar rasio maka % *yield* yang dihasilkan akan semakin kecil. Terjadi peningkatan *yield* pada rasio 0,025 g/mL yaitu 3,5797% menuju rasio 0,05 g/mL yaitu 3,8808 %. Kemudian menurun pada rasio 0,075 dengan *yield* 3,3950%, rasio 0,100 g/mL dengan *yield* 2,8% hingga

yield minyak nilam terendah pada ratio 0,15 g/mL *yield* 2,4533%. Hal ini menunjukkan pengaruh bahwa rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* merupakan salah satu parameter penting. Dimana semakin besar rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* maka *yield* minyak nilam yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh faktor kepadatan bahan didalam *distiller* yang menyebabkan terhambatnya ruang gerak uap untuk bisa menguap menuju kondensor. Sehingga penting untuk diperhatikan tingkat kepadatan bahan di dalam *distiller* agar tidak terbentuknya jalur uap “*rat holes*” yang akan menyebabkan berkurangnya *yield* minyak nilam yang diperoleh dan menurunkan efisiensi penyulingan (Guenther, 1990).

Pada penelitian ini, untuk ekstraksi minyak nilam pada metode *air-hydrodistillation*, laju aliran udara yang digunakan adalah 5 liter/min. Pada Gambar 4.6 dapat dilihat dengan rasio yang kecil (0,025; 0,050 dan 0,075 g/mL), laju aliran udara tidak berpengaruh terhadap *yield* minyak yang dihasilkan. Gambar 4.6 menunjukkan hasil ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *air-hydrodistillation*, menghasilkan *yield* minyak nilam lebih rendah bila dibandingkan dengan metode *hydrodistillation*. Penurunan *yield* ini dikarenakan dengan adanya laju aliran udara yang besar maka akan memungkinkan adanya minyak nilam yang hilang. Selain itu juga dikarenakan dengan laju udara yang besar maka dapat menyebabkan terjadinya penurunan panas pada proses ekstraksi yang kemudian akan menyebabkan semakin kecilnya *yield* minyak yang diperoleh (Wang *et al.*, 2018).

Sedangkan pada rasio 0,100 g/mL 0,150 g/mL dengan laju aliran udara 5 L/min menghasilkan *yield* minyak nilam yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan tanpa aliran udara (*hydrodistillation*). Hal ini dikarenakan adanya aliran udara yang membantu mengoptimalkan proses pengadukan pada saat ekstraksi. Dimana proses pengadukan ini berpengaruh secara langsung terhadap proses perpindahan massa pada fase pelarut. Hal inilah yang kemudian menyebabkan kesetimbangan antara fase cairan dan uap pada ekstraksi minyak nilam yang diperoleh dengan menggunakan metode *microwave air-hydrodistillation* dapat tercapai lebih cepat apabila dibandingkan dengan yang diperoleh menggunakan

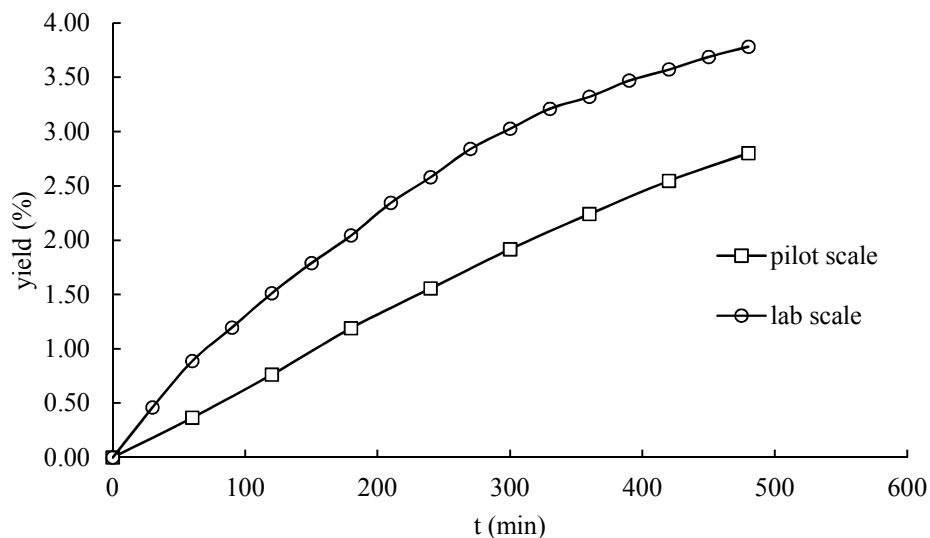
metode *microwave hydrodistillation* (Chemat and Cravotto, 2013). Maka dapat disimpulkan bahwa laju aliran udara yang digunakan berpengaruh terhadap rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent*. Hal ini ditunjukkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dengan semakin besar rasio yang digunakan maka laju alir udara juga harus diperbesar dan sebaliknya. Jika rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* semakin kecil maka laju aliran udara yang digunakan juga harus kecil agar dapat menghasilkan *yield* minyak nilam yang optimum.

4.2.7 Perbandingan Metode *Hidrodistillation* pada Skala Laboratorium dan Skala Pilot terhadap *Yield* Minyak Nilam

Pada eksperimen skala laboratorium dilakukan dengan menggunakan labu bulat yang terbuat dari kaca (diameter 10 cm yang berkapasitas 1 L) dan pemanas menggunakan *heating mantle* (seri 98-II-B 1000 ml, 250 W, 50 Hz). Pada penelitian dengan skala laboratorium menggunakan 40 g daun nilam kering dan pelarut sebanyak 400 mL (F/S ration 0,100 g/mL) yang ditempatkan ke dalam labu 1 L dan dihubungkan dengan kondensor liebig, dan minyak atsiri diekstraksi selama 480 menit, dalam interval 30 menit. Sedangkan eksperimen skala pilot dilakukan dengan menggunakan tangki *distiller* yang digunakan terbuat dari *stainless steel* dengan dimensi tinggi 30 cm, diameter 30 cm dan *volume* 22 L (Gambar 3.1). Pada skala pilot daun nilam kering yang digunakan sebanyak 1 kg dan dengan *volume* pelarut 10 L (F/S ration 0,100 g/mL) yang ditempatkan ke dalam tangki *distiller* dan dihubungkan dengan kondensor dan minyak atsiri diekstraksi selama 480 menit, serta diamati setiap 1 jam.

Pada Gambar 4.7 menunjukkan hasil ekstraksi minyak nilam yang diproduksi dengan menggunakan metode *hydrodistillation* dalam skala laboratorium dan skala pilot. Ekstraksi minyak nilam dengan metode *hydrodistillation* pada skala laboratorium memiliki hasil lebih tinggi disbanding ekstraksi minyak nilam dengan skala pilot. Hasil minyak nilam yang diperoleh dalam skala laboratorium adalah 3,7750% sedangkan hasil minyak nilam yang dihasilkan pada skala pilot adalah 2,8005%. Ini karena pengaruh perangkat pemanas yang digunakan, dalam skala lab HD menggunakan matle pemanas

sebagai pemanas, sedangkan dalam skala pilot HD menggunakan pelat pemanas (kompor induksi) sebagai pemanas. Proses pemanasan menggunakan mantel pemanas, menghasilkan lebih banyak panas bahkan dalam penyuling sehingga aliran uap yang dihasilkan lebih baik dengan skala pilot HD.



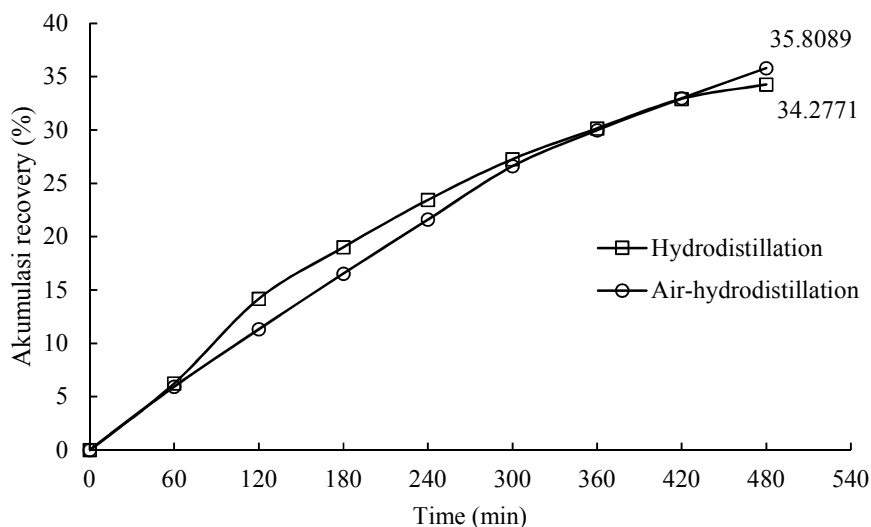
Gambar 4.7 Perbandingan metode *hydrodistillation* dalam skala laboratorium dan skala pilot terhadap *yield* minyak nilam (daun nilam kering utuh dan F/S = 0,100 g/mL)

Hal ini juga didukung oleh penelitian yang telah dilakukan oleh Soto-Armenta *et al.* (2017) untuk ekstraksi minyak atsiri dari *Laurus nobilis* dengan metode *steam distillation* dalam skala laboratorium dan skala pilot. Hasil minyak atsiri dari *Laurus nobilis* yang diperoleh dalam skala laboratorium lebih tinggi dibandingkan yang diperoleh dalam skala pilot. Ini dimungkinkan karena aliran uap memiliki pengaruh yang sangat relevan dan berpengaruh signifikan terhadap ekstraksi minyak atsiri. Ini menunjukkan bahwa hasil ekstraksi minyak atsiri berkurang dengan meningkatnya ukuran peralatan (Özek, 2012; Soto-Armenta *et al.*, 2017). Hal ini membuat ekstraksi minyak atsiri dari daun nilam dengan metode *hydrodistillation* dalam skala pilot sedikit lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil minyak nilam dalam skala laboratorium. Namun, tidak semua peningkatan

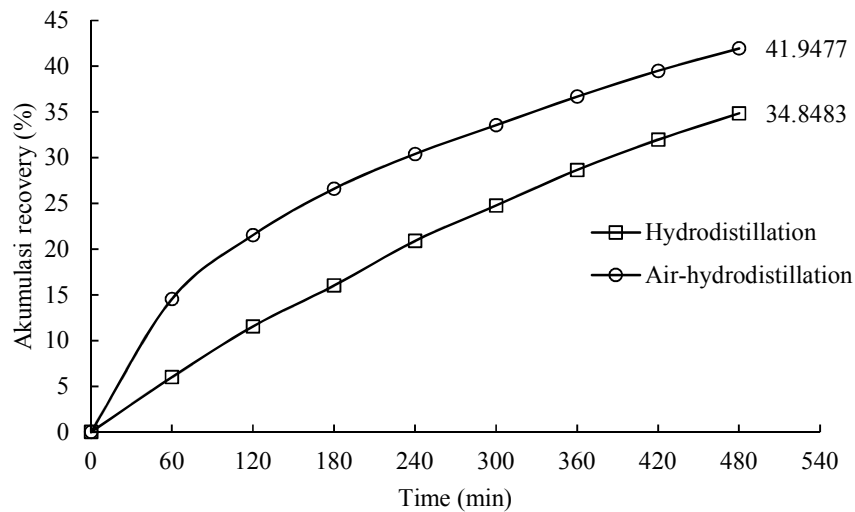
skala akan mendapatkan hasil yang lebih rendah jika dibandingkan dengan skala laboratorium.

4.2.8 Perbandingan *Recovery* pada Ekstraksi Minyak Nilam dengan Metode *Air-Hydrodistillation* dan *Hydrodistillation*

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan *recovery* untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan metode yang berbeda antara metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* dalam mengekstrak sejumlah besar kandungan minyak atsiri yang terdapat dalam daun nilam dengan kondisi bahan kering serta penggunaan ukuran bahan yang berbeda yaitu daun nilam dengan ukuran utuh dan daun nilam dengan ukuran cacah. Nilai akumulasi *recovery* dapat diperoleh dengan cara membandingkan *yield* minyak atsiri (minyak nilam) yang didapatkan dari masing-masing metode yang digunakan dengan *yield* minyak atsiri (minyak nilam) yang didapatkan dari metode Soxhlet. Untuk *yield* minyak nilam dari daun nilam dengan kondisi kering yang diperoleh dengan menggunakan metode Soxhlet memiliki nilai sebesar 8,1653%. Sedangkan *yield* minyak nilam dari daun nilam dengan kondisi segar yang diperoleh dengan menggunakan metode Soxhlet memiliki nilai sebesar 8,1003%.



(a)



(b)

Gambar 4.8 Akumulasi recovery minyak nilam (a) Daun nilam kering $F = 3$ L/min; (b) Daun nilam segar $F = 5$ L/min, (daun cacah dan F/S ratio 0,100 g/mL)

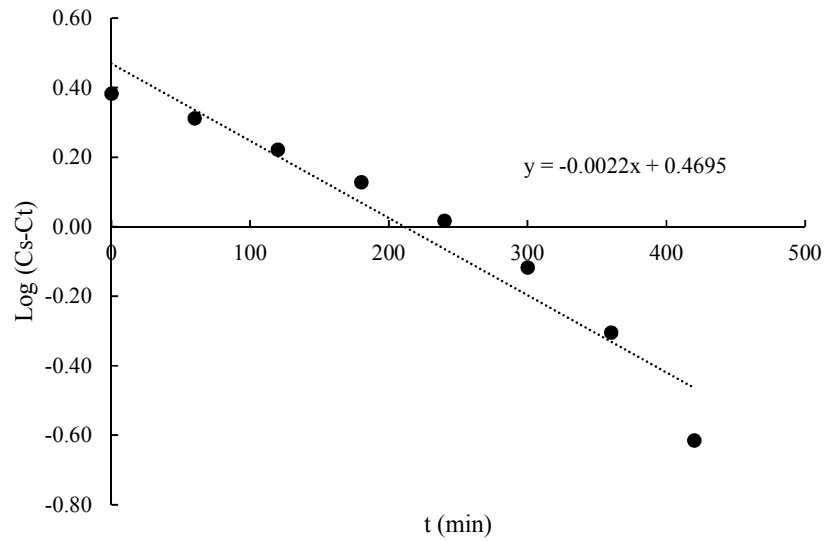
Ekstraksi minyak nilam dari daun nilam segar dan kering dengan menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* menghasilkan akumulasi *recovery* yang berbeda (Gambar 4.8a dan Gambar 4.8b). Nilai akumulasi *recovery* untuk ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *air-hydrodistillation* (daun segar 35.8089% dan daun kering 41,9477 %) lebih tinggi bila dibandingkan dengan metode *hydrodistillation* (daun segar 34.2771% dan daun kering 34.8483%). Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan bahwa metode *air-hydrodistillation* cukup efektif untuk ekstraksi minyak nilam dari daun nilam karena aliran udara yang diberikan mampu mengangkat fraksi berat dari minyak nilam, sehingga akan meningkatkan *yield* minyak nilam. Namun untuk ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *air-hydrodistillation*, dengan ukuran daun nilam kering lebih baik bila dibandingkan ukuran daun nilam segar. Nilai akumulasi *recovery* untuk ekstraksi minyak nilam dengan kondisi bahan kering menggunakan metode *hydrodistillation* adalah sebesar 34,8483 %, sedangkan nilai akumulasi *recovery* untuk metode *air-hydrodistillation* adalah sebesar 35,9018%. Hal tersebut disebabkan oleh pengaruh metode dan ukuran bahan yang digunakan (Kusuma *et al.* 2017c).

4.3 Pemodelan Kinetika pada Ekstraksi Minyak Nilam dengan Metode *Air-Hydrodistillation*

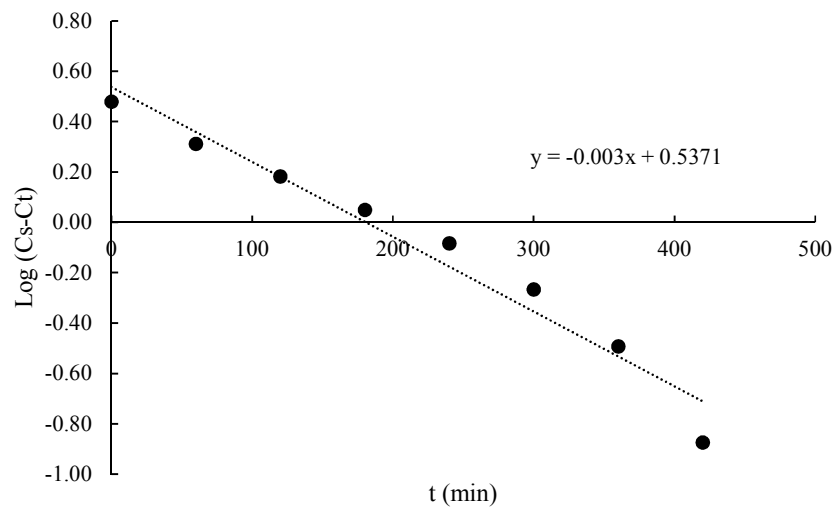
Pada ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation*, dapat dilihat bahwa *yield* minyak nilam yang diperoleh akan meningkat secara cepat di awal dan kemudian akan semakin menurun seiring dengan semakin lamanya waktu ekstraksi. Perubahan *yield* minyak nilam yang diperoleh dapat ditunjukkan dengan cara membuat *plot* antara *yield* dengan waktu ekstraksi. Hal ini selanjutnya dapat digunakan untuk mengetahui serta mempelajari model kinetika pada ekstraksi minyak nilam dari daun nilam kering dengan ukuran utuh dan cacah pada kondisi daun segar dan daun kering dengan menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* yang pada penelitian ini mempelajari model kinetika orde satu dan orde dua.

4.3.1 Kinetika Orde 1

Untuk mempelajari model kinetika orde satu pada ekstraksi minyak nilam dari daun nilam segar dan kering dengan kondisi utuh dan cacah, dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* dengan laju aliran udara 0 L/min dan 5 L/min, maka dapat dilakukan dengan cara membuat *plot* antara $\text{Log } (C_s - C_t)$ dengan t untuk mendapatkan *slope* dan *intercept* yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju ekstraksi untuk orde satu (k_1) dan nilai kapasitas ekstraksi (C_s).

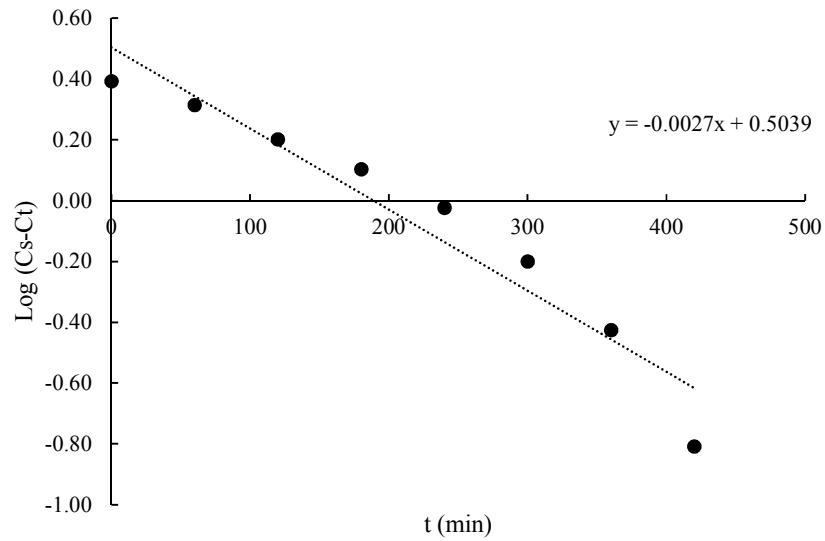


(a)

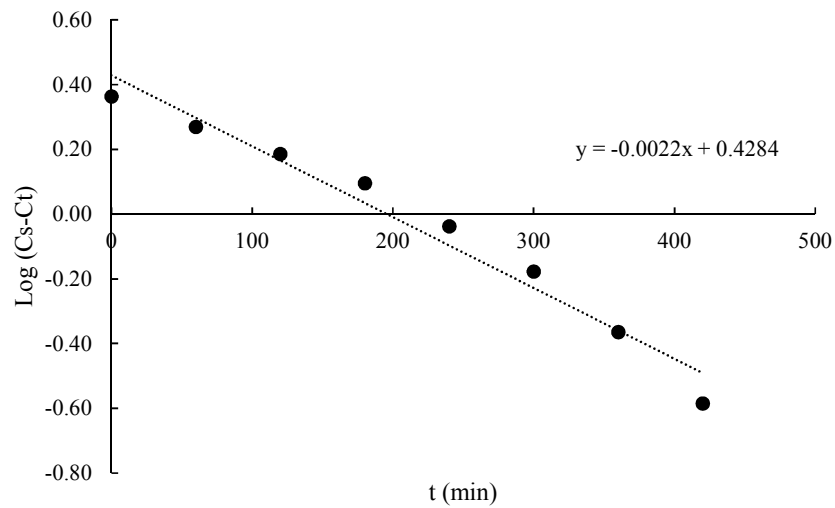


(b)

Gambar 4.9 Plot $\text{Log } (C_s - C_t)$ vs t model kinetika orde satu pada ekstraksi minyak nilam dari daun kering (a) metode *hydrodistillation*; (b) metode *air-hydrodistillation* ($F/S = 0,100$ g/mL, $F = 5$ L/min dan daun utuh)

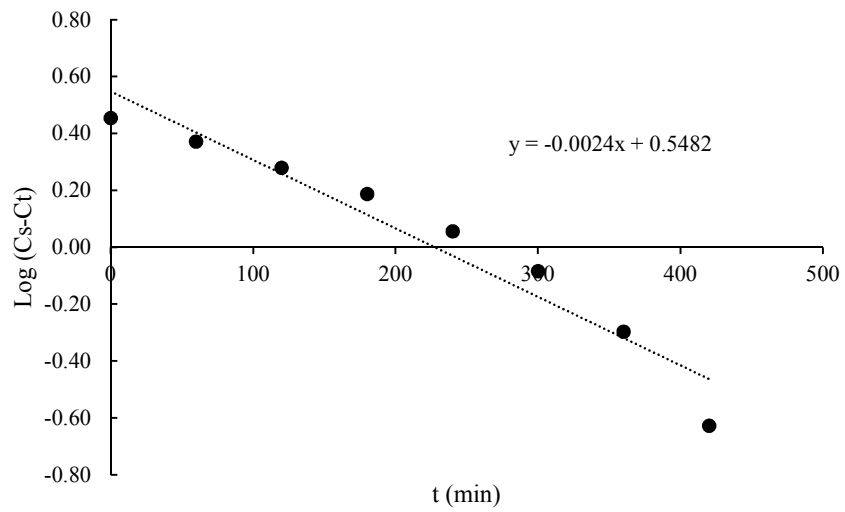


(a)

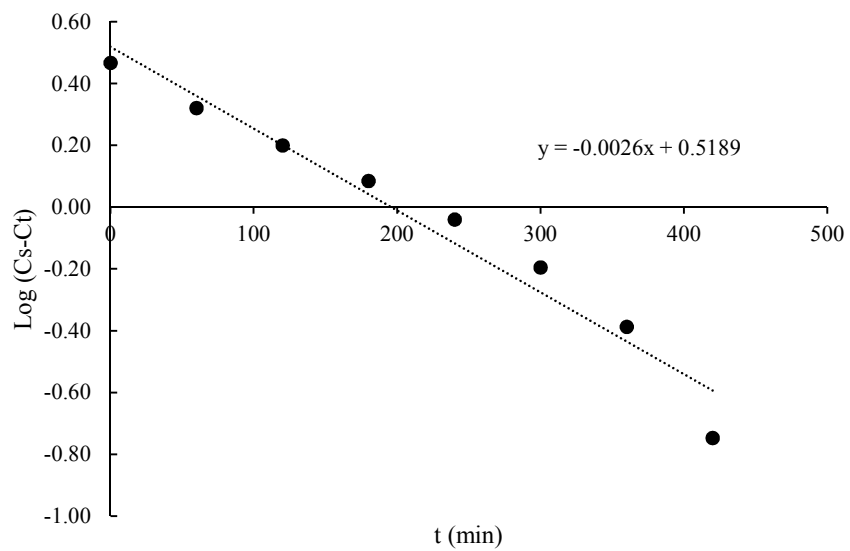


(b)

Gambar 4.10 Plot $\text{Log } (C_s - C_t)$ vs t model kinetika orde satu pada ekstraksi minyak nilam dari daun segar (a) metode *hydrodistillation*; (b) metode *air-hydrodistillation* ($F/S = 0,100 \text{ g/mL}$, $F = 5 \text{ L/min}$ dan daun utuh)

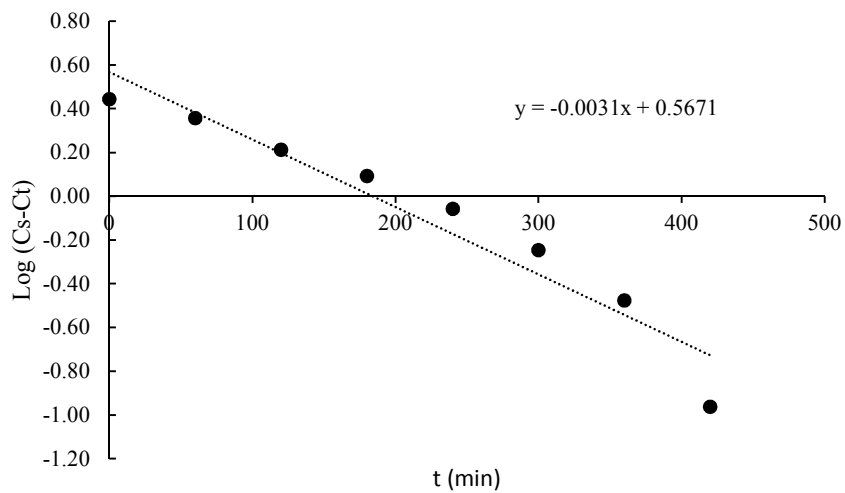


(a)

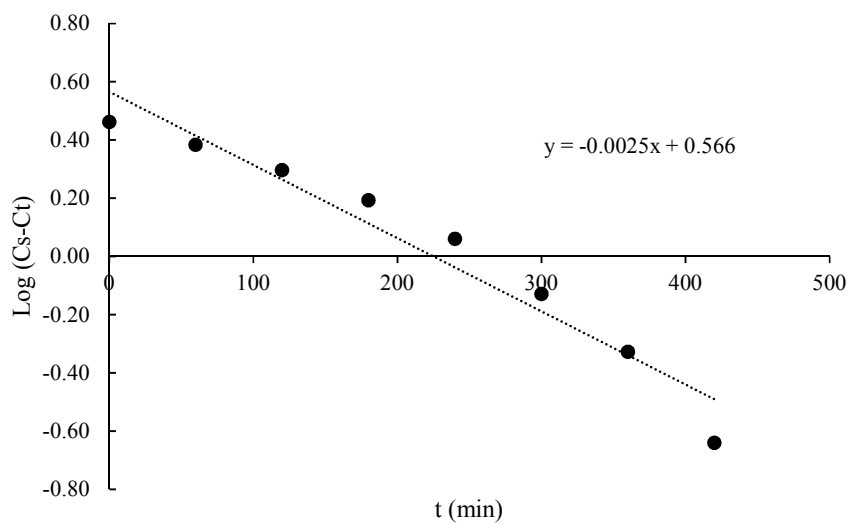


(b)

Gambar 4.11 Plot $\text{Log}(C_s - C_t)$ vs t model kinetika orde satu pada ekstraksi minyak nilam dari daun kering (a) metode *hydrodistillation*; (b) metode *air-hydrodistillation* ($F/S = 0,100 \text{ g/mL}$, $F = 5 \text{ L/min}$ dan daun cacah)

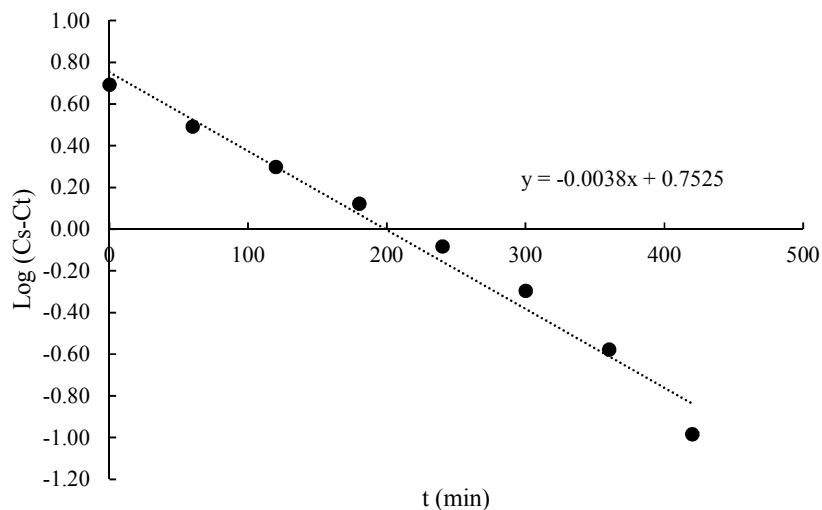


(a)



(b)

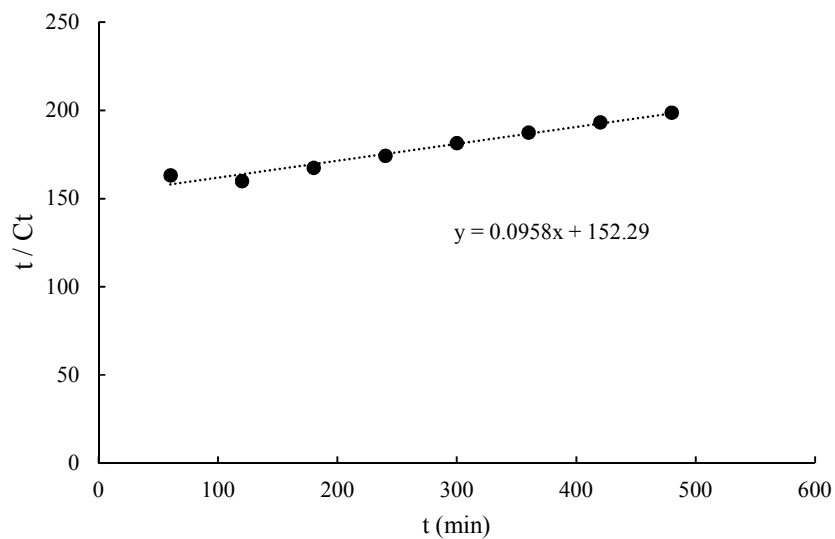
Gambar 4.12 Plot $\text{Log } (C_s - C_t)$ vs t model kinetika orde satu pada ekstraksi minyak nilam dari daun segar (a) metode *hydrodistillation*; (b) metode *air-hydrodistillation* ($F/S = 0,100$ g/mL, $F = 5$ L/min dan daun cacah)



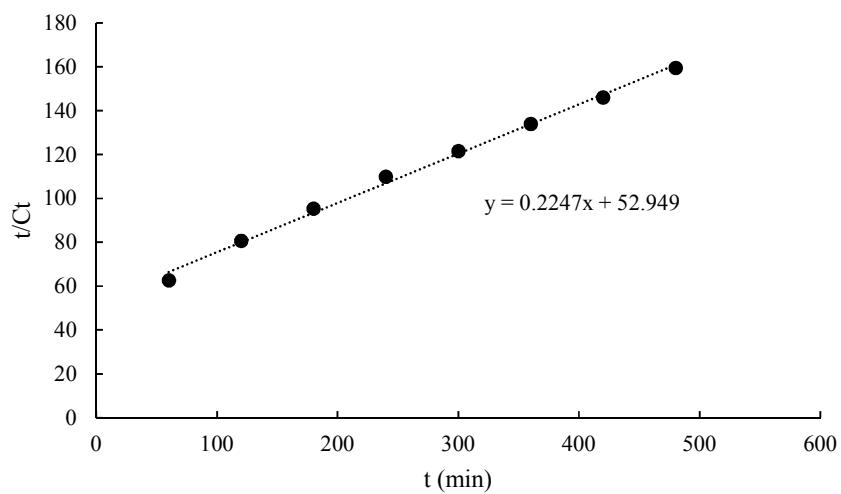
Gambar 4.13 Plot t/C_t vs t model kinetika orde satu pada ekstraksi minyak nilam dari daun kering menggunakan metode *steam distillation* ($m = 1$ kg dan daun utuh)

4.3.2 Kinetika Orde Dua

Untuk mempelajari model kinetika orde dua pada ekstraksi minyak nilam dari daun nilam segar dan kering dengan kondisi utuh dan cacah, dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* dengan laju aliran udara 0 L/min dan 5 L/min, dengan cara membuat *plot* antara t/C_t dengan t . Selanjutnya dilakukan linierisasi terhadap *plot* tersebut untuk mendapatkan *slope* dan *intercept* yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan nilai k_2 dan C_s .

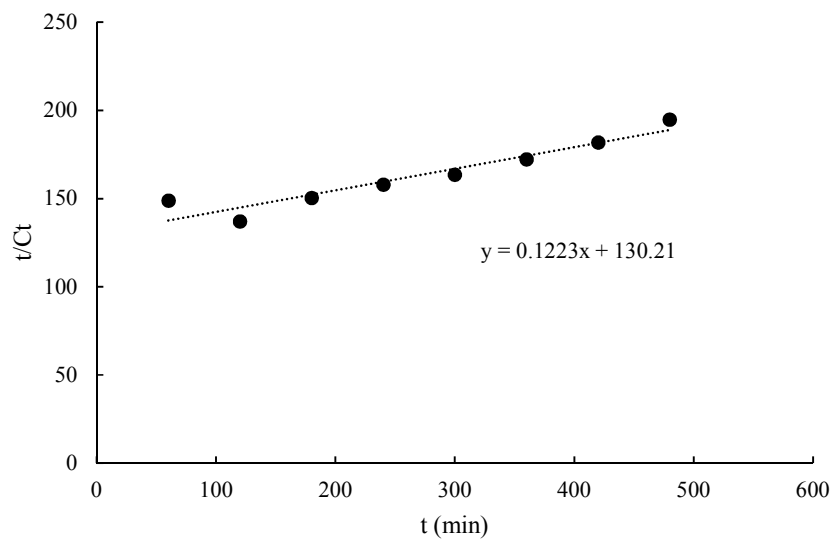


(a)

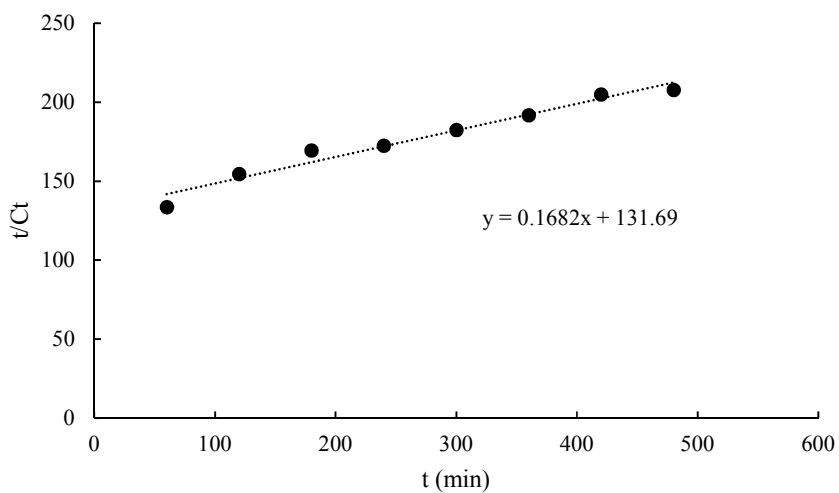


(b)

Gambar 4.14 Plot t/Ct vs t model kinetika orde dua pada ekstraksi minyak nilam dari daun kering (a) metode *hydrodistillation*; (b) metode *air-hydrodistillation* ($F/S = 0,100$ g/mL, $F = 5$ L/min dan daun utuh)

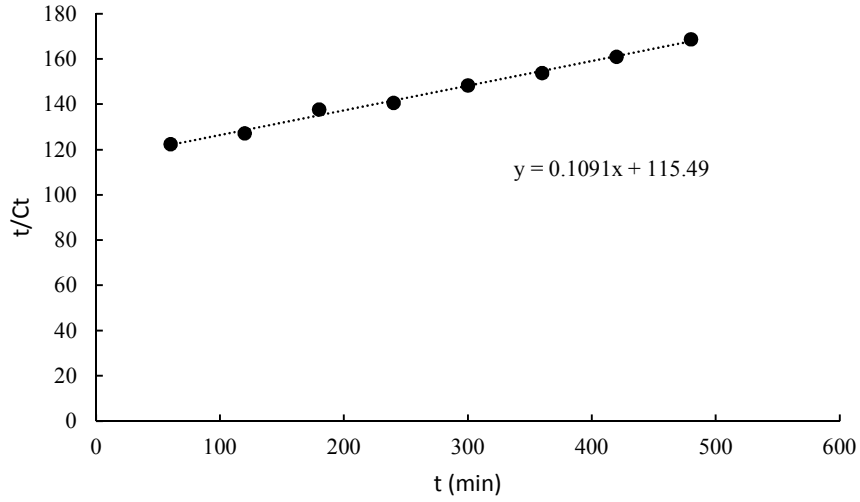


(a)

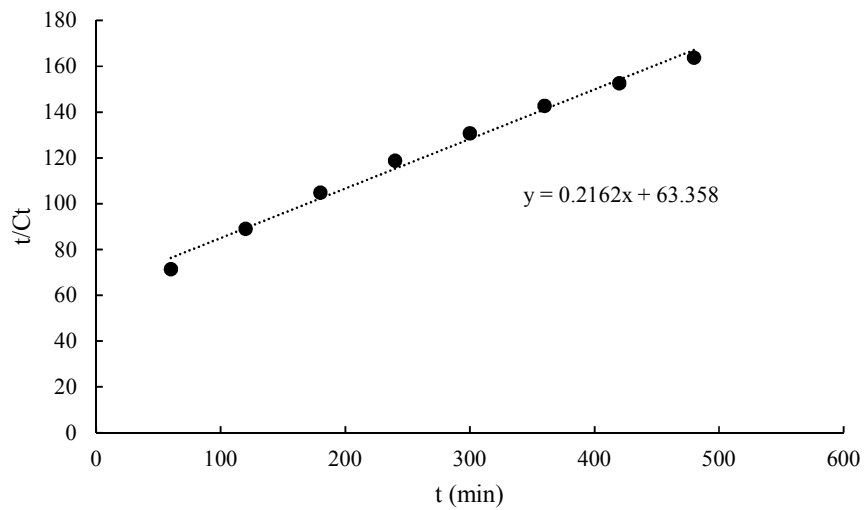


(b)

Gambar 4.15 Plot t/Ct vs t model kinetika orde dua pada ekstraksi minyak nilam dari daun segar (a) metode *hydrodistillation*; (b) metode *air-hydrodistillation* ($F/S = 0,100$ g/mL, $F = 5$ L/min dan daun utuh)

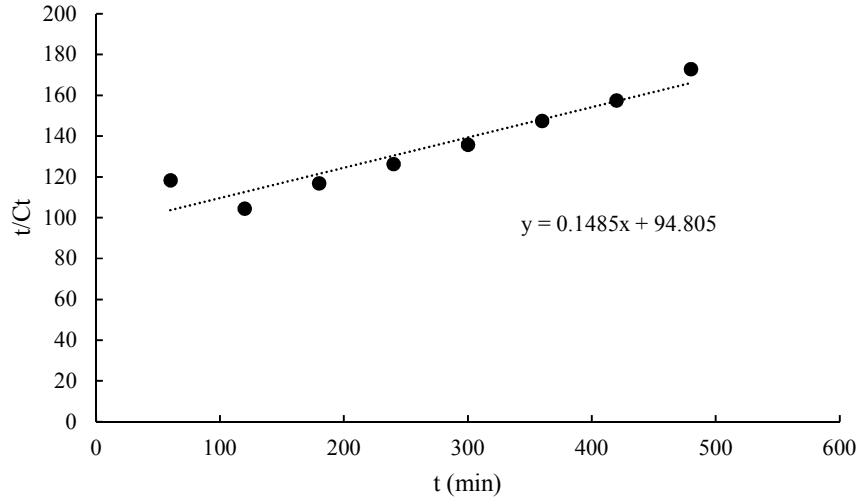


(a)

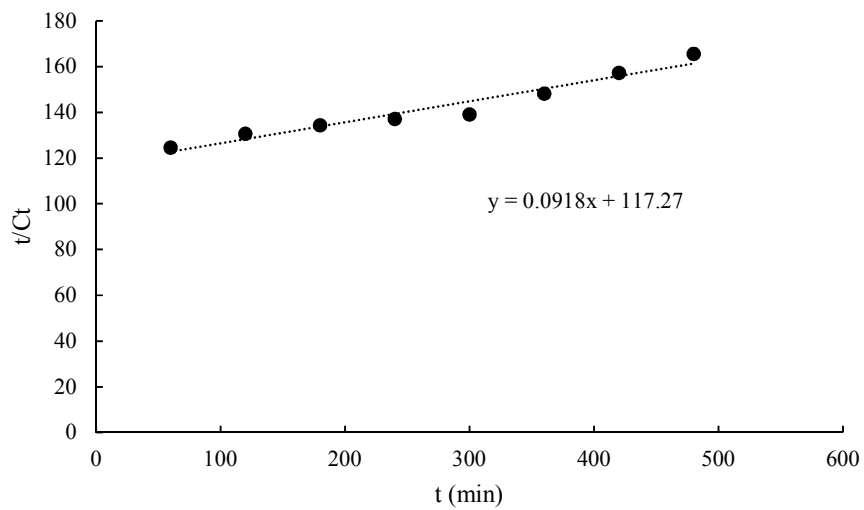


(b)

Gambar 4.16 Plot t/Ct vs t model kinetika orde dua pada ekstraksi minyak nilam dari daun kering (a) metode *hydrodistillation*; (b) metode *air-hydrodistillation* ($F/S = 0,100$ g/mL, $F = 5$ L/min dan daun cacah)

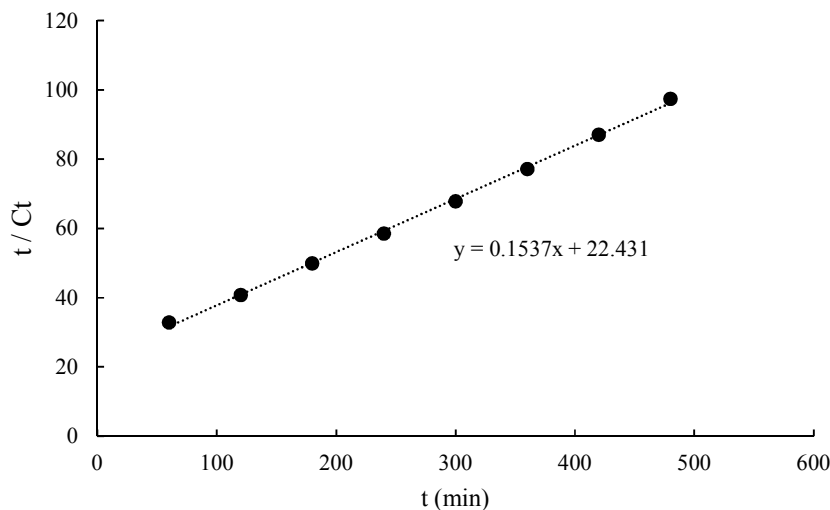


(a)



(b)

Gambar 4.17 Plot t/Ct vs t model kinetika orde dua pada ekstraksi minyak nilam dari daun nilam segar (a) metode *hydrodistillation*; (b) metode *air-hydrodistillation* ($F/S = 0,100$ g/mL, $F = 5$ L/min dan daun cacah)



Gambar 4.18 Plot t/C_t vs t model kinetika orde dua pada ekstraksi minyak nilam dari daun kering menggunakan metode *steam distillation* ($m = 1$ kg dan daun utuh)

Untuk menentukan model yang dapat merepresentasikan hasil eksperimen dari ekstraksi minyak nilam dari daun kering dengan ukuran utuh dan cacah menggunakan metode *hydrodistillation* dan metode *air-hydrodistillation*, maka pada penelitian ini dapat dilihat dari nilai R^2 dan MRPD dari setiap model kinetika yang digunakan. Suatu model kinetika dikatakan dapat merepresentasikan hasil eksperimen dengan baik apabila memiliki nilai R^2 yang mendekati 1 (satu) dan nilai MRPD yang kecil.

Tabel 4.2. Linierisasi model kinetika orde satu dari ekstraksi minyak nilam dari daun nilam segar dan kering menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* ($F/S = 0,1$ g/mL, $t = 480$ min, $F = 5$ L/min dan daun nilam utuh dan cacah)

Metode ekstraksi	Kondisi bahan	Model kinetika			
		Orde satu		Orde dua	
<i>Hydrodistillation</i> (daun kering)	Daun nilam utuh	<i>Slope*</i>	-0,0022	<i>Slope*</i>	0.0958
		k_1 (min^{-1})	0,0051	k_2 (mL/g.min)	$6,03 \times 10^{-5}$
		<i>Intercept*</i>	0,4695	<i>Intercept*</i>	153,650
		C_s (g/mL)	2,4164	C_s (g/mL)	10,4384

Metode ekstraksi	Kondisi bahan	Model kinetika			
		Orde satu		Orde dua	
		R ² *	0,9424	R ² *	0,9979
		MRPD*(%)	50,2638	MRPD*(%)	1,0583
	Daun nilam cacah	<i>Slope</i> *	-0,0024	<i>Slope</i> *	0,1091
		k ₁ (min ⁻¹)	0,0055	k ₂ (mL/g.min)	0,0001
		<i>Intercept</i> *	0,5482	<i>Intercept</i> *	115,4900
		C _s (g/mL)	2.8455	C _s (g/mL)	9,1659
		R ² *	0,9424	R ² *	0,9998
		MRPD*(%)	52,0514	MRPD*(%)	0,6709
<i>Hydrodistillation</i> (daun segar)	Daun nilam utuh	<i>Slope</i> *	-0,0027	<i>Slope</i> *	-0,1223
		k ₁ (min ⁻¹)	0,0062	k ₂ (mL/g.min)	0,0001
		<i>Intercept</i> *	0,5039	<i>Intercept</i> *	130,21
		C _s (g/mL)	2,4660	C _s (g/mL)	8,1766
		R ² *	0,9363	R ² *	0,9981
		MRPD*(%)	64,2347	MRPD*(%)	2,7938
	Daun nilam cacah	<i>Slope</i> *	-0,0031	<i>Slope</i> *	-0,1485
		k ₁ (min ⁻¹)	0,0071	k ₂ (mL/g.min)	0,0002
		<i>Intercept</i> *	0,5671	<i>Intercept</i> *	94,805
		C _s (g/mL)	2,7765	C _s (g/mL)	6,7340
		R ² *	0,9471	R ² *	0,9955
		MRPD*(%)	64,6983	MRPD*(%)	4,4826
<i>Air-hydrodistillation</i> (kering)	Daun nilam utuh	<i>Slope</i> *	-0,0030	<i>Slope</i> *	-0,2247
		k ₁ (min ⁻¹)	0,0069	k ₂ (mL/g.min)	0,0010
		<i>Intercept</i> *	0,5371	<i>Intercept</i> *	52,9490
		C _s (g/mL)	3,0107	C _s (g/mL)	4,4504
		R ² *	0,9828	R ² *	0,9998
		MRPD*(%)	21,5265	MRPD*(%)	1,7735
		<i>Slope</i> *	-0,0026	<i>Slope</i> *	0,2162

Metode ekstraksi	Kondisi bahan	Model kinetika			
		Orde satu		Orde dua	
		k_1 (min ⁻¹)		k_2 (mL/g.min)	
	Daun nilam cacah	<i>Intercept</i> *	0,5189	<i>Intercept</i> *	63,3580
		C_s (g/mL)	2,9315	C_s (g/mL)	4,6253
		R^2 *	0,9820	R^2 *	0,9979
		MRPD*(%)	18,5210	MRPD*(%)	2,3103
<i>Air-hydrodistillation</i> (segar)	Daun nilam utuh	<i>Slope</i> *	-0,0022	<i>Slope</i> *	-0,1682
		k_1 (min ⁻¹)	0,0050	k_2 (mL/g.min)	0,0002
		<i>Intercept</i> *	0,4284	<i>Intercept</i> *	131,69
		C_s (g/mL)	2,3096	C_s (g/mL)	5,9453
		R^2 *	0,9567	R^2 *	0,9986
		MRPD*(%)	33,5857	MRPD*(%)	2,0205
	Daun nilam cacah	<i>Slope</i> *	-0.0025	<i>Slope</i> *	-0,0918
		k_1 (min ⁻¹)	0,0058	k_2 (mL/g.min)	0,0001
		<i>Intercept</i> *	0,5660	<i>Intercept</i> *	117,27
		C_s (g/mL)	2,9006	C_s (g/mL)	10,8932
		R^2 *	0,9372	R^2 *	0,9981
		MRPD*(%)	59,3712	MRPD*(%)	1,7688
<i>Steam distillation</i> (kering)	Daun nilam utuh	<i>Intercept</i> *	0.0038	<i>Intercept</i> *	0,1537
		C_s (g/mL)	4,9289	C_s (g/mL)	6,5062
		R^2 *	0,9933	R^2 *	0,9993
		MRPD*(%)	4,891	MRPD*(%)	1,0911

Secara umum dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa pada model kinetika orde satu untuk ekstraksi minyak nilam dari daun nilam kering dengan ukuran utuh dan cacah menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* dengan laju aliran udara 5,0 L/min memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) yang lebih rendah

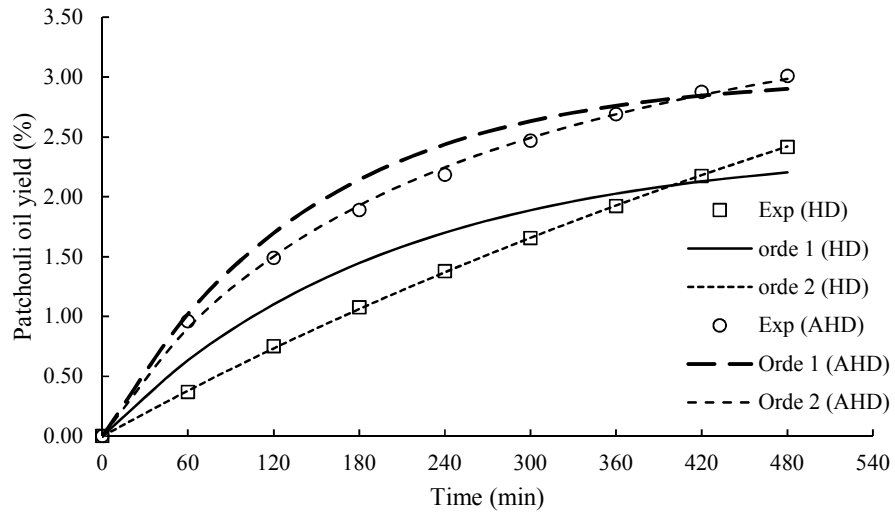
dan juga nilai MRPD yang lebih besar dibandingkan pada model kinetika orde dua. Sehingga dapat dikatakan bahwa model kinetika orde satu kurang dapat merepresentasikan secara baik hasil eksperimen dari ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation*. Hal ini juga didukung oleh Ho dan McKay (1999), yang menyatakan bahwa tidak semua proses dapat dijelaskan secara baik dengan model kinetika orde satu. Selain itu pada Gambar 4.19 model kinetika orde satu untuk garis linear, dapat dilihat bahwa model kinetika orde satu tidak sesuai untuk mempresentasikan model kinetika orde satu.

Pada Table 4.2 juga dapat dilihat bahwa model kinetika orde satu untuk ekstraksi minyak nilam dari daun nilam kering dengan kondisi ukuran bahan utuh yang diperoleh dengan metode *hydrodistillation* memiliki nilai koefisien determinasi ($R^2 = 0,9424$) yang lebih rendah bila dibandingkan dengan metode *air-hydrodistillation* memiliki nilai koefisien determinasi ($R^2 = 0,9828$) yang tinggi. Ekstraksi minyak nilam dari daun nilam kering dengan kondisi ukuran bahan utuh kering untuk model kinetika orde dua, diperoleh dengan metode *hydrodistillation* memiliki nilai koefisien determinasi ($R^2 = 0,9979$) yang lebih rendah bila dibandingkan dengan metode *air-hydrodistillation* memiliki nilai koefisien determinasi ($R^2 = 0,9998$) yang tinggi. Hal yang sama juga dapat dilihat pada Table 4.2 pada model kinetika orde satu, untuk ekstraksi minyak nilam dari daun nilam utuh dengan kondisi segar memiliki nilai koefisien determinasi yang lebih rendah metode *hydrodistillation* bila dibandingkan dengan metode *air-hydrodistillation* ($R^2 = 0,9363$ HD vs $R^2 = 0,9567$ AHD). Sedangkan pada orde dua untuk ekstraksi minyak nilam dari daun nilam utuh dengan kondisi segar memiliki nilai koefisien determinasi yang lebih rendah metode *hydrodistillation* bila dibandingkan dengan metode *air-hydrodistillation* ($R^2 = 0,9955$ HD vs $R^2 = 0,9981$ AHD).

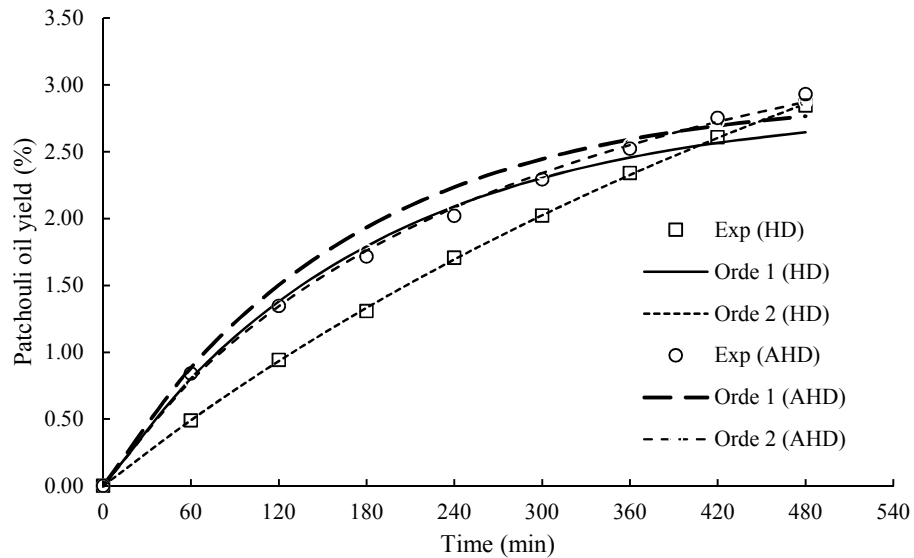
Sehingga dapat dikatakan bahwa untuk ekstraksi minyak nilam dari daun nilam kering dan segar dengan kondisi ukuran bahan utuh untuk model kinetika orde satu dan orde dua dengan metode *air-hydrodistillation* memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) lebih baik dibandingkan dengan metode *hydrodistillation*. Pada Gambar 4.20 memiliki fenomena yang sama dengan gambar Gambar 4.22 dimana untuk ekstraksi minyak nilam dari daun nilam kering dengan kondisi ukuran bahan

cacah untuk model kinetika orde satu dan orde dua dengan metode *air-hydrodistillation* memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) lebih baik dibandingkan dengan metode *hydrodistillation*.

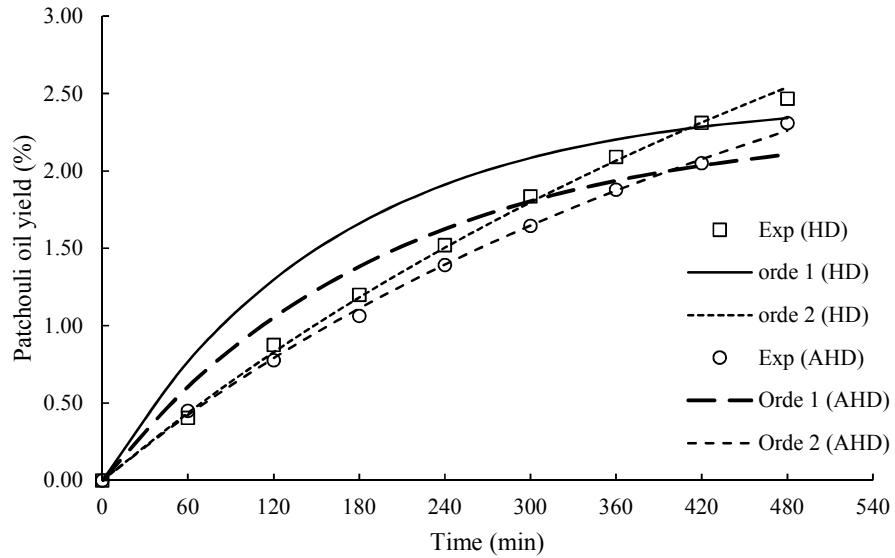
Secara garis besar dapat dinyatakan berdasarkan Tabel 4.2, bahwa ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *hydrodistillation*, *air-hydrodistillation* dan *steam distillation* bahwa model kinetika orde dua dapat merepresentasikan secara baik hasil eksperimen dari ekstraksi minyak nilam. Hal ini karena model kinetika orde dua memiliki nilai koefisien determinasi lebih baik dibandingkan dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh dengan model kinetika orde satu. Dimana nilai koefisien determinasi (R^2) yang mendekati 1 merupakan kondisi terbaik untuk mempresentasikan model kinetika yang akan diambil. Namun untuk mempresentasikan model kinetika yang sesuai tidak hanya ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) yang tinggi saja, namun dapat dilihat juga dari garis linear yang diperoleh untuk masing-masing model. Pada Gambar 4.9, Gambar 4.10, Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 dapat dilihat, untuk garis linear yang diperoleh pada kinetika orde satu menggunakan metode *hydrodistillation*, *air hydrodistillation* dan *steam distillation* tidak menghasilkan garis yang linear, namun gambar yang dihasilkan sedikit melengkung. Sehingga model kinetika orde satu kurang sesuai untuk mempresentasikan model yang diperoleh sedangkan pada kinetika orde dua diperoleh garis yang linear. Berdasarkan dari garis linear dan nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh dan dengan model kinetika orde satu dan model kinetika orde dua, model kinetika orde dua lebih lebih sesuai dibandingkan model kinetika orde satu.



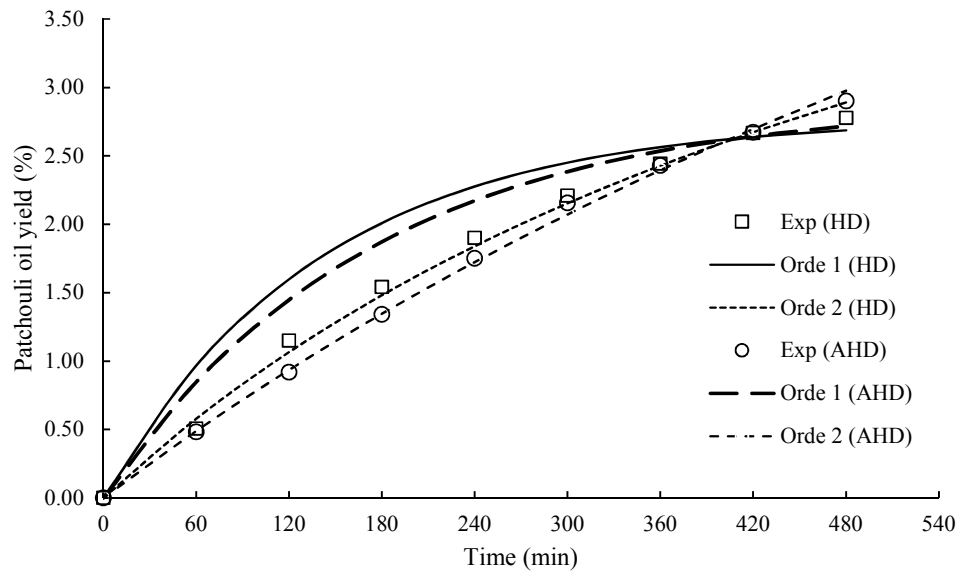
Gambar 4.19 Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak nilam (utuh kering, $F/S = 0,100 \text{ g/mL}$, dan $F = 5 \text{ L/min}$)



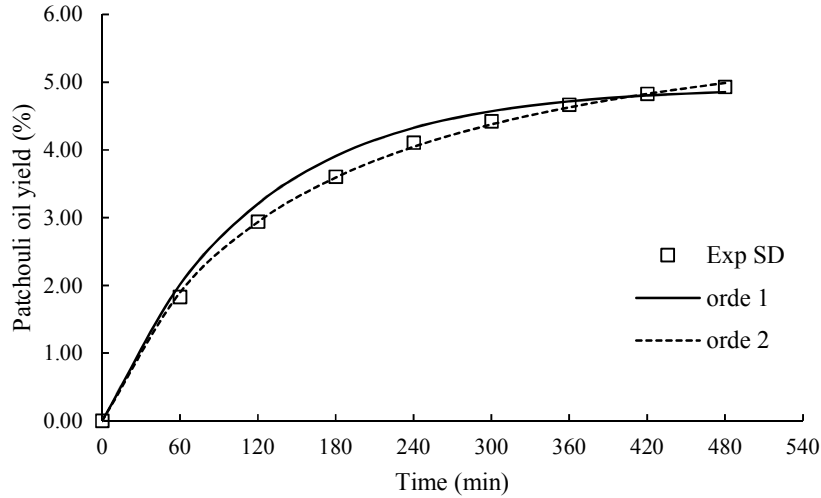
Gambar 4.20 Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak nilam (cacah kering, $F/S = 0,100 \text{ g/mL}$, dan $F = 5 \text{ L/min}$)



Gambar 4.21 Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak nilam (utuh segar, $F/S = 0,100$ g/mL, dan $F = 5$ L/min)



Gambar 4.22 Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak nilam (cacah segar, $F/S = 0,100$ g/mL, dan $F = 5$ L/min)



Gambar 4.23 Perbandingan antara model kinetika orde satu dan orde dua dengan hasil eksperimen pada ekstraksi minyak nilam yang diperoleh menggunakan metode *steam distillation* (utuh kering, dan F/S = 0,100 g/mL)

Berdasarkan nilai konstanta laju ekstraksi untuk orde satu (k_1) dan kapasitas ekstraksi (C_s) yang telah didapatkan dari model kinetika orde satu (Tabel 4.2). Pada Tabel 4.2 dapat dikatakan bahwa nilai konstanta laju ekstraksi untuk orde satu ($k_1 = 0,0062$) dan kapasitas ekstraksi ($C_s = 2,4660$) pada ekstraksi minyak nilam dari daun nilam segar dengan menggunakan metode *hydrodistillation* lebih tinggi apabila dibandingkan dengan ekstraksi dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* ($k_1 = 0,0050$; $C_s = 2,3096$). Berbanding sebaliknya untuk minyak nilam dari daun nilam kering dengan metode *air-hydrodistillation* ($k_1 = 0,069$; $C_s = 3,0107$) lebih tinggi dibandingkan metode *hydrodistillation* ($k_1 = 0,051$; $C_s = 2,4164$). Hal ini menunjukkan bahwa metode *air-hydrodistillation* lebih baik digunakan untuk ekstraksi minyak nilam dari daun nilam dengan kondisi bahan kering dibandingkan dengan daun segar. Sehingga hal tersebut dapat digunakan untuk menjelaskan bahwa adanya penambahan aliran udara pada metode *air-hydrodistillation* dapat membuat proses ekstraksi berjalan lebih cepat untuk mengekstrak minyak nilam apabila dibandingkan dengan menggunakan metode *hydrodistillation*.

Berdasarkan nilai konstanta laju ekstraksi untuk orde dua (k_2) yang telah didapatkan dari model kinetika orde dua (Tabel 4.2), maka dapat dikatakan bahwa

nilai konstanta laju ekstraksi untuk orde dua (k_2) pada ekstraksi minyak nilam nilam dari daun nilam segar dan kering (utuh dan cacah) dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* jauh lebih tinggi apabila dibandingkan dengan ekstraksi yang dilakukan dengan menggunakan metode *hydrodistillation*. Sedangkan berdasarkan nilai kapasitas ekstraksi (C_s) yang telah didapatkan dari model kinetika orde dua, maka dapat dikatakan bahwa nilai kapasitas ekstraksi (C_s) pada ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *hydrodistillation* lebih tinggi apabila dibandingkan dengan ekstraksi yang dilakukan dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation*. Meskipun ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* memiliki nilai kapasitas ekstraksi (C_s) yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan ekstraksi yang dilakukan dengan menggunakan metode *hydrodistillation*, akan tetapi dengan nilai konstanta laju ekstraksi untuk orde dua (k_2) pada ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* yang jauh lebih tinggi apabila dibandingkan dengan ekstraksi yang dilakukan dengan menggunakan metode *hydrodistillation* maka hal tersebut menyebabkan atau menjadi alasan mengapa ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *air-hydrodistillation* lebih cepat apabila dibandingkan dengan ekstraksi yang dilakukan dengan menggunakan metode *hydrodistillation*.

4.4 Hasil Analisa Sifat Fisika dan Kimia Minyak Nilam

Dalam penentuan kualitas dari minyak nilam yang diperoleh dengan menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation*, maka perlu dilakukan pengujian terhadap sifat fisik dan kimia dari minyak nilam yang telah diperoleh tersebut. Pengujian terhadap sifat fisik dari minyak nilam yang diperoleh dengan menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* ini dapat dilakukan dengan cara menentukan berat jenis dan kelarutannya. Sedangkan untuk pengujian terhadap sifat kimia dari minyak nilam dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi komposisi senyawa yang terdapat pada minyak nilam menggunakan analisa GC-MS. Selain dapat digunakan untuk memperoleh gambaran tentang kemurnian dan kualitas dari minyak atsiri, dengan cara membandingkan hasil analisa sifat fisik dengan data standar mutu ini juga dapat

digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pemalsuan terhadap minyak atsiri (Guenther, 1990).

4.4.1 Berat Jenis Hasil Analisa Fisik Minyak Nilam yang diperoleh dengan Metode *Hydrodistillation* dan *Air-hydrodistillation*

4.4.1.1 Analisa Berat Jenis Minyak nilam

Berat jenis atau bobot jenis merupakan kriteria yang cukup penting dalam menentukan kemurnian senyawa organik, dalam hal ini adalah minyak nilam. Bobot jenis merupakan salah satu kriteria penting dalam penentuan mutu dan kemurnian minyak atsiri. Berat jenis minyak nilam didefinisikan sebagai perbandingan antara berat minyak nilam dengan berat air pada volume air yang sama dengan volume minyak yang sama. Berat jenis dikaitkan dengan fraksi berat komponen-komponen yang terkandung dalam minyak nilam. Semakin tinggi fraksi massa yang terkandung dalam minyak nilam seperti *sesquiterpen*, *patchouli alkohol*, *patchoulena*, *eugenol benzoat*, maka semakin besar pula nilai bobot jenis minyak nilam.

Hal ini dikarenakan fraksi-fraksi massa tersebut banyak mengandung molekul yang berantai panjang dan relatif banyak ikatan tak jenuh atau banyak gugusan oksigen karena terjadinya reaksi oksidasi. Semakin besar konsentrasi fraksi berat dalam minyak, akan semakin besar pula nilai berat jenisnya. Tabel 4.3 terlihat hasil analisa sifat fisik minyak nilam menggunakan metode *hydrodistillation*, *air-hydrodistillation* dan *steam distillation*. Pada metode *hydrodistillation* berat jenis minyak nilam hasil ekstraksi menggunakan ukuran bahan baku utuh adalah 0,9592 g/cm³ dengan kandungan PA 45,91 %, sedangkan pada ukuran bahan baku cacah adalah 0,9765 g/cm³ dengan kandungan PA 44,88 %. Kemudian pada metode *air-hydrodistillation*, berat jenis minyak nilam hasil ekstraksi menggunakan ukuran bahan baku utuh adalah 0,9766 gr/cm³ dengan kandungan PA 44,50 % sedangkan pada ukuran bahan baku cacah adalah 0,9775 gr/cm³ dengan kandungan PA 46,23 %. Kemudian pada metode *steam distillation*, berat jenis minyak nilam hasil ekstraksi menggunakan ukuran bahan baku utuh adalah 0,9520 gr/cm³. Berdasarkan hasil analisa sifat fisik dari minyak nilam yang

diperoleh menggunakan metode *hydrodistillation*, *air-hydrodistillation* dan *steam distillation* maka secara umum dapat dikatakan bahwa berat jenis minyak nilam yang diperoleh tersebut telah sesuai dengan SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757 : 2002 (E). Pada hasil analisa berat jenis minyak nilam menggunakan daun cacah kering pada metode *hydrodistillation* menghasilkan densitas minyak nilam yang lebih rendah dibandingkan dengan metode *air-hydrodistillation*, dengan densitas yang lebih rendah maka kadar *patchouli alcohol* yang dihasilkan juga akan semakin rendah, hal ini dapat dilihat dari nilai *patchouli alcohol* hasil analisa GC-MS menggunakan metode adalah *hydrodistillation* utuh yaitu 44,88 % dan paling tinggi adalah *air-hydrodistillation* cacah yaitu 46,23 %.

4.4.1.2 Kelarutan terhadap Alkohol

Alkohol dengan minyak atsiri dapat saling melarut, maka disimpulkan pada komposisi minyak nilam terdapat komponen-komponen terpen beroksigen (*patchouli alcohol*). Menurut Guenther (1987), kelarutan minyak dalam alkohol ditentukan oleh jenis komponen kimia yang terkandung dalam minyak. Pada umumnya minyak atsiri yang mengandung persenyawaan terpen beroksigen akan lebih mudah larut daripada yang mengandung terpen. Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil kelarutan minyak nilam pada alkohol (etanol 90%) maka kualitas minyak nilam semakin baik. Kelarutan dalam alkohol (etanol 90%) menyatakan perbandingan volume minyak atsiri dan volume alkohol (etanol 90%) yang dibutuhkan untuk melarutkan minyak atsiri.

Minyak nilam hasil penelitian memiliki nilai kelarutan dalam alkohol (etanol 90%) rata-rata sebesar 1:9. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas minyak nilam hasil penelitian lebih baik karena berdasar Sastrohamidjojo (2004) semakin kecil kelarutan minyak atsiri pada alkohol (etanol 90%) maka kualitas minyak atsirinya semakin baik. Kelarutan dalam alkohol (etanol 90%) yang lebih kecil ini apabila dibandingkan dengan SNI 06-2385-2006 disebabkan oleh besarnya komponen terpen beroksigen yang terdapat pada minyak nilam yang diperoleh. Sehingga apabila kadar terpen beroksigen yang terdapat pada minyak nilam semakin tinggi maka dapat menyebabkan minyak nilam yang diperoleh memiliki

kelarutan dalam alkohol yang semakin tinggi (semakin mudah larut dalam alkohol dan memiliki kelarutan dalam alkohol (etanol 90%) yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757 : 2002.

Tabel 4.3 Data Hasil Perhitungan Properti Fisik Minyak Nilam

Komponen	Metode Ekstraksi	SNI 06-2385-2006	Hasil Penelitian	ISO 3757 : 2002 (E)	Hasil Penelitian
Kadar PA (%)	HD (utuh)	Minimal 30%	45,91	27% - 35%	45,91
	HD (cacah)		44,88		44,88
	AHD (utuh)		44,50		44,50
	AHD (cacah)		46,23		46,23
Berat Jenis (g/mL)	HD (utuh)	0,950-0,975 (25°C/25°C)	0,9592	0,952-0,975 (20°C/20°C)	0,9629
	HD (cacah)		0,9765		0,9803
	AHD (utuh)		0,9766		0,9804
	AHD (cacah)		0,9775		0,9813
	SD (utuh)		0,9520		0,9556
Kelarutan (dalam etanol 90%)	HD (utuh)	1:10	1:10	1:10	1:10
	HD (cacah)		1:9		1:9
	AHD (utuh)		1:9		1:9
	AHD (cacah)		1:9		1:9
	SD (utuh)		1:24		1:24

4.4.2 Hasil Analisa GC-MS Minyak Nilam yang diperoleh dengan Metode *Hydrodistillation* dan *Air-hydrodistillation*

Pengujian terhadap sifat kimia dari minyak nilam dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi komposisi senyawa yang terdapat pada minyak nilam menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*). Selain dapat digunakan untuk memperoleh gambaran tentang kemurnian dan kualitas dari minyak atsiri, dengan cara membandingkan hasil analisa sifat fisik dan kimia dengan data standar mutu ini juga dapat digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pemalsuan dari minyak atsiri (Guenther,1987). Data hasil analisa GC-MS terangkum dalam Tabel 4.4 dimana terdapat empat jenis sampel yang dianalisa. Empat sampel tersebut mewakili dari metode dan bahan baku yang digunakan.

Dengan menggunakan GC-MS juga dapat digunakan untuk mengetahui kadar untuk setiap komponen yang terkandung. Umumnya hasil ekstraksi minyak nilam disesuaikan dengan standar kualitas SNI-2385-2006 dan ISO 3757:2002. Untuk standar SNI-2385-2006, kadar *patchouli alcohol* minimal yang harus dimiliki minyak nilam adalah 30%. Sedangkan untuk ISO 3757:2002 nilai minimal *patchouli alcohol* adalah 35%

Tabel 4.4 Komponen-komponen yang terkandung dalam minyak nilam yang diekstraksi dengan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation*, F/S rasio 0,1 g/mL dan laju aliran udara 5 L/min berdasarkan analisa GC-MS

No	Compound	Utuh (Hydrodistillation)		Utuh (Air-Hydrodistillation)		Cacah (Hydrodistillation)		Cacah (Air-Hydrodistillation)	
		R.T. (min)	% Area (Normalisasi)	R.T. (min)	% Area (Normalisasi)	R.T. (min)	% Area (Normalisasi)	R.T. (min)	% Area (Normalisasi)
	Monoterpenes								
1	β -Pinene	2,907	0,06			2,907	0,1		
2	Terpinolene	7,36	0,11			7,36	0,2		
	Sesquiterpenes								
3	β -patchoulene	8,143	1,8	8,148	3,07	8,143	1,55	8,143	2,11
4	β -Elemene	8,238	1,43			8,238	1,75	8,238	1
5	Caryophyllene	8,815	2,47					8,813	2,43
6	Aromadendrene			8,82	0,77				
7	β -caryophyllene			8,899	1,21				
8	α -Guaiene	9,09	10,05	9,095	8,69	9,084	8,95	9,090	27,16
9	Seychellene	9,349	7,67	9,354	10,14	9,348	8,02	9,349	7,44
10	cis- α -Bisabolene	9,497	1,35						
11	α -patchoulene	9,613	4,25			9,613	4,32	9,613	4,18
12	α -Pacoullene	9,677	1,97	9,618	2,93				
13	β -guaiene	9,735	1,79						

No	Compound	Utuh (Hydrodistillation)		Utuh (Air- Hydrodistillation)		Cacah (Hydrodistillation)		Cacah (Air- Hydrodistillation)	
		R.T. (min)	% Area (Normalisasi)	R.T. (min)	% Area (Normalisasi)	R.T. (min)	% Area (Normalisasi)	R.T. (min)	% Area (Normalisasi)
14	10s,11s-Himachala-3(12),4-diene	9,946	1,72	9,682	11,2				
15	α -gurjunene	10,258	0,53			9,676	6,5		
16	Cedrene-V6	10,459	1,93						
17	α -bulnesen	10,639	12,45	10,697	15,86	10,639	13,31		
18	beta-seline	15,991	1,78	10,523	0,89			9,502	0,47
19	Iso-caryophyllene					8,814	2,24		
20	α -Caryophyllene					9,497	1,49		
21	Alloaromadendren					10,459	1,83		
22	beta-humulene					11,03	0,93	15,996	2,21
23	Allethrine							8,693	0,53
24	α -elemene							9,677	2,49
25	β -Maaliene							10,258	0,39
26	Achiphyllene							10,459	2,27
	Oxygenated sesquiterpenes								
27	6-Hydroxymethyl 2-oxabicyclo[3.3.0]oct-6-en-3-one	13,072	0,26						
28	6-Hydroxymethyl 2-oxabicyclo[3.3.0]oct-6-en-3-one	13,172	0,3						

No	Compound	Utuh (Hydrodistillation)		Utuh (Air- Hydrodistillation)		Cacah (Hydrodistillation)		Cacah (Air- Hydrodistillation)	
		R.T. (min)	% Area (Normalisasi)	R.T. (min)	% Area (Normalisasi)	R.T. (min)	% Area (Normalisasi)	R.T. (min)	% Area (Normalisasi)
29	Patchouli alcohol	16,298	45,91	16,382	44,5	16,298	44,88	16,303	46,23
	Other compounds								
30	Pentorex	12,691	0,31			13,077	0,14		
31	2,4-Dimethylamphetamine	14,294	0,07						
32	Formamidine	14,722	0,48						
33	Biformen					12,368	0,33		
34	n-Eicosane					20,867	0,34		
	Other oxygenated compounds								
35	Cinerin	8,693	0,55						
36	exo-Epoxy derivative of methyl ester of 12-hydroxy-13-methylidene-17-decarboxyl-12,13-dihydroisoagathic acid	12,369	0,76						
37	2,6-Dimethyl- γ -pyrone			17,266	0,73				
38	Pyridine, 3-ethyl-, 1-oxide (CAS)					8,693	0,49		
39	Methyl [4-(methoxycarbonyl)phenyl]methyl 1,4-benzenedicarboxylate					14,716	0,55		
40	(E)-2-(Carbomethoxy)-3-[(E)-3-hydroxyoct-1-en-1-yl]cyclopentanone					17,239	0,51		

No	<i>Compound</i>	Utuh (Hydrodistillation)		Utuh (Air- Hydrodistillation)		Cacah (Hydrodistillation)		Cacah (Air- Hydrodistillation)	
		R.T. (min)	% Area (Normalisasi)	R.T. (min)	% Area (Normalisasi)	R.T. (min)	% Area (Normalisasi)	R.T. (min)	% Area (Normalisasi)
41	n-Tetratriacontane					20,777	1,6		
42	o-Xylenol							12,368	0,63

Pada Tabel 4.4 telah tersedia data hasil analisa keempat sampel hasil ekstraksi menggunakan GC-MS. Keempatnya adalah minyak nilam yang dihasilkan dengan ekstraksi menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* dengan ukuran bahan baku utuh dan cacah. Yang pertama, sampel *hydrodistillation* dengan ukuran bahan baku utuh memiliki nilai kadar *patchouli alcohol* 45,91%. Kedua, sampel *air-hydrodistillation* dengan ukuran bahan baku cacah memiliki nilai kadar *patchouli alcohol* 44,5%. Ketiga, sampel *hydrodistillation* dengan ukuran bahan baku utuh memiliki kadar *patchouli alcohol* 44,88%. Dan terakhir untuk sampel *air-hydrodistillation* dengan ukuran bahan baku cacah memiliki nilai kadar *patchouli alcohol* 46,23%.

Untuk membahas pengaruh ukuran bahan baku terhadap kadar *patchouli alcohol* maka diambil sampel pada metode *air-hydrodistillation*. Pada ukuran bahan baku cacah didapat nilai *patchouli alcohol* yang lebih tinggi daripada ukuran bahan baku utuh. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Yahya & Yunus, 2013), dimana semakin kecil ukuran bahan maka akan meningkatkan nilai *patchouli alcohol* pada hasil ekstraksi minyak nilam.

Untuk membahas pengaruh penambahan laju alir udara terhadap kadar *patchouli alcohol* maka diambil sampel pada ukuran bahan baku cacah. Pada ekstraksi minyak nilam dengan penambahan laju alir udara (*air-hydrodistillation*) didapat nilai *patchouli alcohol* yang lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kusuma *et al.* (2017b), dimana penambahan laju alir udara dapat membantu mengangkat fraksi berat (*patchouli alcohol*) pada tanaman nilam sehingga meningkatkan kadar *patchouli alcohol*.

Patchouli alcohol merupakan *oxygenated compound* dengan formula $C_{15}H_{26}O$. Semakin tinggi kadar *oxygenated compound* dalam *essential oil*, maka aroma minyak akan semakin meningkat sehingga menyebabkan nilai jual minyak semakin tinggi (Ferhat *et al.* 2007). Hal ini membuktikan bahwa minyak yang dihasilkan pada metode *air-hydrodistillation* memiliki aroma yang lebih tajam dibanding dengan minyak yang dihasilkan pada metode *hydrodistillation*.

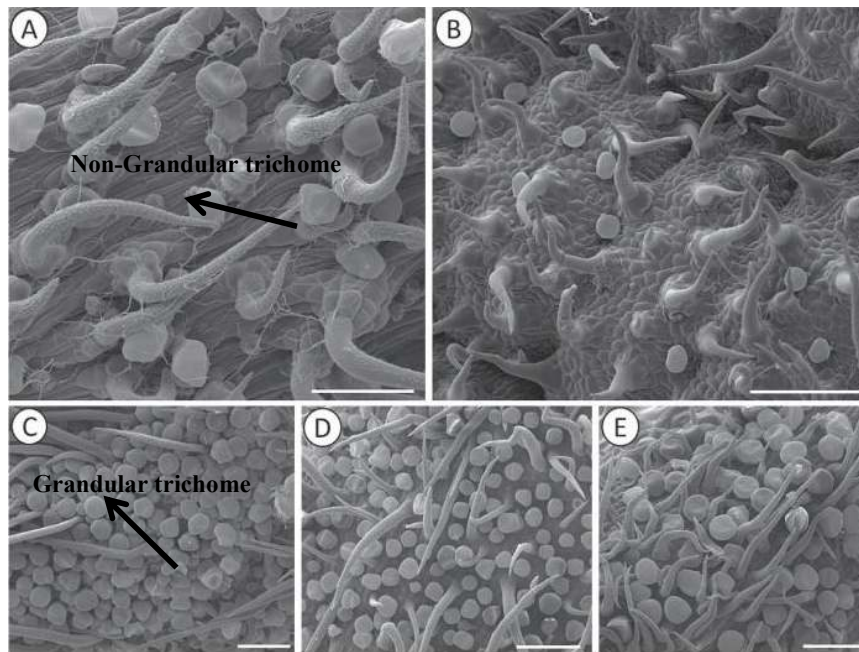
Kemudian dilanjutkan pada pembahasan pengaruh metode dan ukuran bahan terhadap jumlah komponen yang terkandung pada minyak nilam. Pada bahan utuh, didapatkan jumlah komponen sebanyak 24 (*hydrodistillation*) dan 11 (*air-*

hydrodistillation). Kemudian pada bahan cacah didapatkan jumlah komponen sebanyak 21 (*hydrodistillation*) dan 14 (*air-hydrodistillation*). Jika diperhatikan, adanya laju alir udara mengakibatkan hilangnya beberapa komponen yang berada pada minyak nilam. Hal ini sesuai dengan pernyataan Huiliñir dan Villegas (2015) bahwa semakin besar laju udara maka akan semakin besar laju *removal* cairan yang terkontak dengan udara. Jika dihubungkan dengan peralatan ekstraksi yang dipakai, fungsi udara adalah membantu pergerakan uap air sekaligus minyak nilam menuju corong pemisah. Dalam perjalanannya akan dikontakan dengan pendingin melalui kondensor yang bertujuan untuk mengkondensasikan uap air dan minyak. Di dalam kondensor terjadi perpindahan panas dari udara, uap air, dan minyak menuju air pendingin. Area kontak sangat berpengaruh pada efektifitas perpindahan panas. Semakin besar area, maka akan semakin efektif perpindahan panas (Jin & Hrnjak, 2017). Namun faktanya, kondensor yang dipakai dalam penelitian ini adalah kondensor berskala kecil sehingga area kontak untuk perpindahan panas sangat terbatas. Hal ini menjadi alasan utama kehilangan komponen pada minyak nilam hasil ekstraksi dengan metode *air-hydrodistillation*.

Kemudian pada ukuran bahan yang semakin kecil, maka komponen minyak nilam hasil ekstraksi berkurang. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena kehilangan komponen akibat ukuran partikel yang lebih kecil (Jahongir *et al.* 2018) dan kesalahan penyimpanan (Fachrudin & Velayas, 2016).

4.4.3 Hasil Analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*) Minyak Nilam yang diperoleh dengan Metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation*

Uji SEM dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui letak penyimpanan minyak atsiri pada daun nilam dan mengetahui pengaruh tekanan dari uap yang mendorong minyak atsiri berdifusi keluar dari jaringan daun terhadap bentuk morfologi daun. Berikut adalah contoh hasil karakterisasi SEM dari daun *Lippia origanoides* Kunth.



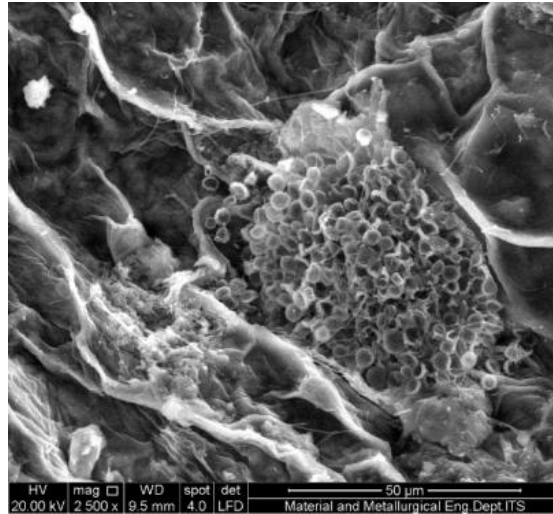
(Tozin, 2014)

Gambar 4.24 *Scanning electron micrographs* dari daun dan bagian bunga *Lippia origanoides* Kunth menunjukkan *glandular* dan *non-glandular trichomes*. (A) *Abaxial leaf surface*, (B) *Adaxial leaf surface*, (C) *Abaxial bract surface*, (D) *Abaxial sepal surface*, (E) *Abaxial petal surface*. dengan perbesaran: A-E = 100 μm ; B = 200 μm

Gambar 4.24 menunjukkan bagian *derivate epidermis* atau trikoma dengan jenis granular dan non granular dari daun *Lippia origanoides* Kunth. Menurut Dewi (2015) keragaman jenis serta bentuk dari trikoma yang ditemukan memiliki keterkaitan dengan fungsi trikoma yang merupakan *derivate epidermis* sebagai pelindung organ daun. Masing-masing trikoma mempunyai fungsi yang berbeda, trikoma non-kelenjar antara lain berfungsi sebagai penghalang masuknya *pathogen* melalui stomata, sedangkan trikoma kelenjar berfungsi mengeluarkan metabolit sekunder. Menurut Tozin (2014), trikoma berkelenjar dari daun *Lippia origanoides* Kunth menghasilkan sekret atau metabolit sekunder berupa minyak.

Bentuk, ukuran serta kerapatan bentuk serta jenis trikoma juga mempengaruhi terhadap fungsi dari trikoma dalam perlindungan organ daun suatu tanaman. Dikatakan bahwa trikoma pada jaringan epidermis mempunyai sifat

husus sebagai daya pertahanan dari serangga yang ditentukan oleh adanya kelenjar (glandula) atau tidak (non sekretori), kerapatan, panjang, bentuk, dan ketegakan trikoma. (Dewi, 2015)



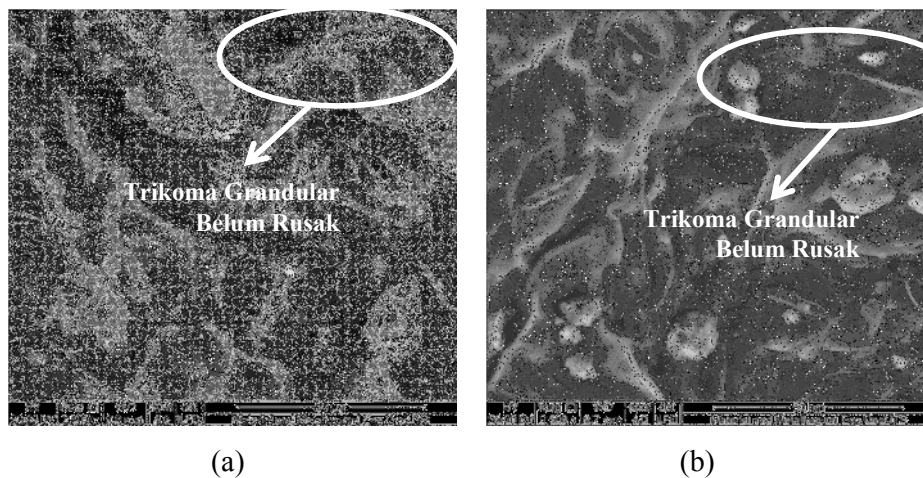
Gambar 4.25 Hasil SEM daun nilam sebelum ekstraksi dengan perbesaran 2.500 kali

Pada Gambar 4.24 terlihat jaringan trikoma pada daun nilam yang menyerupai trikoma grandular dari daun *Lippia organoides* Kunth pada Gambar 4.24. Dasar digunakannya daun *Lippia organoides* Kunth sebagai referensi dikarenakan daun *Lippia organoides* Kunth juga merupakan tanaman penghasil minyak atsiri. Sekret berupa minyak dan senyawa kimia tersebut menurut (Tozan, 2014) berasal dari kelenjar trikoma pada epidermis daun *Lippia organoides* Kunth. Adanya trikoma pada daun nilam sendiri diperkuat dengan pernyataan Faramitha dan Setiadi, (2013) bahwa seperti halnya tumbuhan tingkat tinggi lainnya, nilam memiliki *derivate epidermis* atau trikoma. Trikoma tanaman nilam termasuk dalam golongan glandular (berkelenjar) dan golongan nonglandular (tidak berkelenjar).

Menurut Faramitha dan Setiadi, (2013) glandular pada daun nilam termasuk jenis *short-stalk capitate*. *Short-stalk capitate* terdiri dari 1 sel basal, pendek, dan uniselular atau biselular. Sekret dari vakuola dalam grandular pada daun nilam sendiri berupa senyawa terpen yang merupakan penyusun utama dari minyak nilam (Faramitha & Setiadi, 2013). Meskipun minyak nilam diproduksi di jaringan

terluar, yaitu epidermis, minyak nilam tidak dapat keluar dari membran epidermis begitu saja. Minyak nilam tersimpan banyak di dalam vakuola daun. Namun pada penelitian ini, penampakan vakuola sel pada jaringan trikoma tidak dapat ditunjukkan dengan gambar karena perbesaran SEM yang tidak cukup memadai untuk mengidentivikasi organel sel. Secara teori menurut Faramitha dan Setiadi, (2013) vakuola daun terdapat di dalam membran sel yang dilindungi oleh dinding sel.

Komponen kimia penyusun minyak nilam mempunyai berat molekul yang besar dan struktur molekul yang rumit, sehingga komponen-komponen kimia penyusun minyak nilam mempunyai titik didih yang tinggi. Oleh karenanya, minyak nilam yang terdapat di dalam jaringan daun tidak dapat berdifusi keluar dari jaringan daun tanpa adanya energi yang mendorong minyak tersebut untuk keluar (Faramitha & Setiadi, 2013).



Gambar 4.26 Hasil SEM daun nilam setelah diekstrak dengan perbesaran 2.500 kali untuk (a) Metode *Hydrodistillation* (b) Metode *Air-Hydrodistillation*

Menurut Guenther (1990), kulit ari dari daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth) membawa kelenjar rambut atau trikhoma yang umumnya terdistribusi lebih rapat sepanjang pembuluh. Kelenjar trikhoma terdistribusi di seluruh permukaan luar daun dengan penurunan jumlah semakin mendekati bagian tepi daun. Umumnya tanaman aromatis memiliki kandungan minyak dalam glandular trikhoma pada permukaan daun. Minyak atsiri terlepas dari glandular trikhoma

tidak lama setelah air mulai mendidih. Perlakuan ekstraksi akan menyebabkan kerusakan pada sel daun terutama pada bagian kantong minyak (cerpa).

Hasil analisis SEM yang dilakukan menunjukkan perbedaan morfologi daun sebelum dan sesudah penyulingan. Hal ini terlihat dari banyaknya jaringan yang rusak setelah penyulingan. Pada Gambar 4.26 terlihat morfologi permukaan daun yang berantakkan dan bentuk trikoma menjadi tidak beraturan. Menurut Faramitha dan Setiadi (2013), kerusakan ini terjadi akibat dorongan uap saat proses destilasi uap berlangsung yang membuat minyak atsiri keluar dari jaringan. Selain itu, pada Gambar 4.26 terdapat perbandingan morfologi daun nilam apabila di ekstrak dengan menggunakan *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation*. Dari pengamatan, terlihat bahwa masih terdapat jaringan trikoma yang tidak rusak, atau dapat dikatakan tidak terdifusinya minyak secara maksimal terlihat pada metode *hydrodistillation*. Sedangkan pada metode *air-hydrodistillation* grandular lebih tampak sedikit dan morfologi permukaan daun tidak beraturan. Hal ini dimungkinkan karena bantuan udara dapat memperkuat dan menghomogenkan kontak yang efektif antara uap air dan daun nilam sehingga minyak lebih mudah terdifusi keluar dari vakuola.

Pada proses distilasi uap, minyak nilam teruapkan atau terbebaskan dari jaringan daun akibat adanya uap air dan panas yang menembus jaringan daun nilam yang bersifat semipermeabel. Tekanan dari uap air berdifusi melalui pori-pori jaringan daun, menembus dinding sel, dan kemudian menguapkan minyak nilam yang tersimpan di vakuola. Adanya panas dan tekanan dari uap air yang menembus jaringan membuat jaringan daun nilam rusak. Fenomena penguapan minyak nilam menurut Faramitha dan Setiadi (2013) ini dijawab dengan menggunakan Hukum Raoult dan Hukum Dalton mengenai tekanan uap parsial dari masing-masing komponen *liquid* yang bercampur. *Liquid* yang bercampur akan menguap saat total tekanan uap dari *liquid* yang bercampur tersebut sama dengan tekanan disekitarnya (tekanan atm). Campuran uap air dan minyak nilam mempunyai titik didih mendekati 100°C. Sehingga, pada suhu 100°C minyak nilam (dengan komponen utama *Patchouli Alcohol* yang mempunyai titik didih 287,4°C pada tekanan 1 atm) dapat teruapkan jauh dibawah titik didih seharusnya. Fenomena ini diperkuat oleh penjelasan Harimurti *et al.* (2012) bahwa keluarnya minyak dari kelenjar trikoma

(kantong minyak) sangat ditentukan oleh adanya kontak yang efektif antara uap air dengan daun nilam yang akan diekstrak. Kontak efektif menyebabkan terjadinya kesetimbangan uap-cair pada seluruh permukaan daun. Karena adanya kesetimbangan uap-cair, terjadi penurunan tekanan parsial di luar permukaan daun, akibatnya minyak berdifusi dari kantong minyak menuju permukaan daun.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *steam distillation* dari daun nilam kering (utuh dan cacah) menghasilkan *yield* yang tinggi bila dibandingkan menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation*.
2. Kondisi operasi yang optimal untuk ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* adalah sebagai berikut:
 - a. Untuk metode *hydrodistillation*, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daun nilam dengan kondisi kering cacah (± 1 cm), rasio antara massa bahan baku terhadap *volume solvent* (F/S) 0,025 g/mL, dengan *yield* sebesar 4,0347 %.
 - b. Untuk metode *hydrodistillation*, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daun nilam dengan kondisi segar cacah (± 1 cm), rasio antara massa bahan baku terhadap *volume solvent* (F/S) 0,100 g/mL, dengan *yield* sebesar 2,7765 %.
 - c. Untuk metode *air-hydrodistillation* kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daun nilam dengan kondisi kering cacah (± 1 cm), rasio antara massa bahan baku terhadap *volume solvent* (F/S) 0,100 g/mL, dan laju aliran udara 3 L/min dengan *yield* sebesar 3,4252 %.
 - d. Untuk metode *air-hydrodistillation* kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daun nilam dengan kondisi segar cacah (± 1 cm), rasio antara massa bahan baku terhadap *volume solvent* (F/S) 0,100 g/mL, dan laju aliran udara 5 L/min dengan *yield* sebesar 2,9006 %.
3. Untuk metode *air-hydrodistillation* dengan adanya penambahan aliran udara mampu meningkatkan jumlah *yield* dan akumulasi *recovery* minyak yang diperoleh, namun laju alirnya juga harus disesuaikan dengan karakteristik bahan. Dimana laju aliran udara yang optimal untuk ekstraksi minyak nilam

baik dari daun nilam segar (utuh) 5 L/min dan kering (cacah) yaitu 3 L/min dengan rasio (F/S) 0,100 g/mL.

4. Berdasarkan garis linear dan linear dan nilai koefisien determinasi (R^2), model kinetika orde dua lebih dapat merepresentasikan secara baik hasil eksperimen dari ekstraksi minyak nilam dengan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* apabila dibandingkan dengan model kinetika orde satu.
5. Kualitas dari minyak nilam yang diperoleh dengan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* dapat ditentukan dengan cara melakukan pengujian terhadap sifat fisik dan kimia dari minyak nilam yang diperoleh tersebut.
 - a. Berdasarkan hasil analisa sifat fisik dari minyak nilam yang diperoleh menggunakan metode *hydrodistillation*, *air-hydrodistillation* dan *steam distillation* maka secara umum dapat dikatakan bahwa berat jenis dan kelarutan dalam alkohol minyak nilam yang diperoleh telah sesuai dengan SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757 : 2002 (E).
 - b. Kadar *patchouli alcohol* hasil ekstraksi hasil dengan metode *hydrodistillation* pada bahan baku utuh adalah 45,91%. Sedangkan pada bahan baku cacah adalah 44,88%. Untuk hasil ekstraksi dengan metode *air-hydrodistillation* pada bahan baku utuh adalah 44,5%. Sedangkan pada bahan baku cacah adalah 46,23%.
 - c. Komposisi minyak nilam hasil ekstraksi yang didasari pada analisa GC-MS adalah sebagai berikut:
 - i. Nilai *patchouli alcohol* hasil analisa GC-MS menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* pada bahan baku utuh dan cacah tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Paling rendah adalah *air-hydrodistillation* utuh yaitu 44,5% dan paling tinggi adalah *air-hydrodistillation* cacah yaitu 46,23%.
 - ii. Perbedaan minyak hasil kedua metode tersebut adalah senyawa *monoterpene*. Pada *hydrodistillation* terdapat senyawa sesquiterpene sedangkan *air-hydrodistillation* tidak
6. Berdasarkan hasil analisa sifat fisik dan kimia minyak nilam hasil ekstraksi menggunakan metode *hydrodistillation* dan *air-hydrodistillation* telah sesuai dengan standar kualitas SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757:2002

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ekstraksi minyak nilam dengan penambahan udara ke dalam tangki distiller mampu meningkatkan jumlah *yield* yang dihasilkan serta mampu meningkatkan komponen *patchouli alcohol* pada minyak nilam. Namun ekstraksi pada penelitian ini masih menggunakan kondensor liebig, sehingga perlu dikembangkan lagi untuk menggunakan kondensor ulir sebagai pengganti kondensor liebig. Serta nantinya kondensor ulir yang digunakan perlu dilakukan perhitungan kebutuhan panjang kondensor yang dibutuhkan. Diharapkan dengan menggunakan kondensor ulir proses pendinginan lebih baik dan *yield* minyak yang dihasilkan dapat optimum. Serta perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan pengaruh waktu ekstraksi terhadap *yield* dan kualitas minyak.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, R. P. (1995). *identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*. Carol Stream, IL: Allured Publ.
- Agustian, E., & Sulaswatty, A. (2015). Produksi Minyak Nilam Untuk ” Fixative Aromatherapy ” : Studi Kasus Desain Kondensor. *Pusat Penelitian LIPI*, 6(1), 19–27.
- Alighiri, D., Eden, W., Supardi, K. I., Masturi, & Purwinarko, A. (2016). Potential development essential oil production of Central java , indonesia. In *International Conference on Recent Trends in Physics 2016 (ICRTP2016) The 3rd International Conference on Mathematics, Science and Education 2016* (pp. 1–6). IOP PublishingIOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/824/1/012021>
- Arctander, S. (1994). *Perfume and flavor chemicals*. Carol Stream, IL: Allured Publication.
- Boutekedjiret, C., Bentahar, F., Belabbes, R., & Bessiere, J. M. (2003). Extraction of rosemary essential oil by steam distillation and hydrodistillation. *FLAVOUR AND FRAGRANCE JOURNAL*, 18, 481–484. <https://doi.org/10.1002/ffj.1226>
- Chemat, F., & Cravotto, G. (2013). *Microwave-assisted Extraction for Bioactive Compounds* (1st ed.). New York: Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4830-3>
- Chen, F., Zu, Y., & Yang, L. (2015). A novel approach for isolation of essential oil from fresh leaves of *Magnolia sieboldii* using microwave-assisted simultaneous distillation and extraction. *Separation and Purification Technology*, 154, 271–280. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2015.09.066>
- Chen, J., Yu, X., Geng, Q., & Li, M. (2018). Combination of Span 20 and pH-assisted walnut oil extraction during aqueous extraction process. *LWT - Food*

Science and Technology, 91(February), 477–483.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.091>

- Conde-Hernández, L. A., Espinosa-Victoria, J. R., Trejo, A., & Guerrero-Beltrán, J. (2017). CO₂-supercritical extraction, hydrodistillation and steam distillation of essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis*). *Journal of Food Engineering*, 200, 81–86. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.12.022>
- Direktorat Jendral Perkebunan. (2016). *Statistik perkebunan Indonesia, Nilam*. Jakarta: Kementrian Pertanian. Retrieved from <http://ditjen.pertanian.go.id>
- Donelian, A., Carlson, L. H. C., Lopes, T. J., & Machado, R. A. F. (2009). Comparison of extraction of patchouli (*Pogostemon cablin*) essential oil with supercritical CO₂ and by steam distillation. *Journal of Supercritical Fluids*, 48(1), 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2008.09.020>
- Fachrudin, & Velayas, A. I. (2016). Ekstraksi Minyak Bunga Cempaka dan Daun Nilam dengan Metode Hidrodistilasi dan Hidrodistilasi dengan Aliran Udara, 5(2), 232–235.
- Faramitha, Y., & Setiadi, S. (2013). Studi Perolehan Minyak Atsiri Dari Daun Nilam Aceh Sidikalang (*Pogostemon cablin* BENTH) Menggunakan Proses Destilasi Uap, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., Smadja, J., & Chemat, F. (2006). An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel. *Journal of Chromatography A*, 1112, 121–126. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2005.12.030>
- Ferhat, M. A., Tigrine-Kordjani, N., Chemat, S., Meklati, B. Y., & Chemat, F. (2007). Rapid extraction of volatile Compounds Using a new simultaneous microwave distillation: solvent extraction device. *CHROMATOGRAPHIA*, 65(3/4), 217–222. <https://doi.org/10.1365/s10337-006-0130-5>
- Guan, W., Li, S., Yan, R., Tang, S., & Quan, C. (2007). Comparison of essential

- oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. *Food Chemistry*, 101(4), 1558–1564. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.009>
- Guenther, E. (1990). *Essential oil volume 1, Translator Ketaren S.* Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Harimurti, N., Soerawidjaja, T. H., Sumangat, D., & Risfaheri. (2012). Ekstraksi Minyak Nilam (*Pogostemon Cablin BENTH*) dengan Teknik Hidrodifusi pada Tekanan 1 – 3 BAR. *Jurnal Pascapanen*, 9(1), 1–10.
- Ho, Y.-S., Adamou, H.-O. H., Fauduet, H., & Porte, C. (2005). Kinetics and model building of leaching of water-soluble compounds of tilia sapwood. *Separation and Purification Technology*, 45, 169–173.
- Ho, Y. S., & McKay, G. (1999). The sorption of lead(II) ions on peat. *Water Research*, 33(2), 578–584. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00207-3](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00207-3)
- Huiliñir, C., & Villegas, M. (2015). Simultaneous effect of initial moisture content and airflow rate on biodrying of sewage sludge. *Water Research*, 82(2013), 118–128. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.04.046>
- Jahongir, H., Miansong, Z., Amankeldi, I., Yu, Z., & Changheng, L. (2018). The influence of particle size on supercritical extraction of dog rose (*Rosa canina*) seed oil. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 0–3. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2018.04.004>
- Jin, S., & Hrnjak, P. (2017). Effect of end plates on heat transfer of plate heat exchanger. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 108, 740–748. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.11.106>
- Ketaren, S. (1987). *Minyak Atsiri* (1st ed.). Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Kusuma, H. S., Altway, A., & Mahfud, M. (2017a). A preliminary study of patchouli oil extraction by microwave air-hydrodistillation method. *Korean*

- Chemical Engineering Research*, 55(4), 510–513.
<https://doi.org/10.9713/kcer.2017.55.4.510>
- Kusuma, H. S., Altway, A., & Mahfud, M. (2017b). A Preliminary Study of Patchouli Oil Extraction by Microwave Air-Hydrodistillation Method. *Korean Chemical Engineering Research*, 55(4), 510–513.
<https://doi.org/10.9713/kcer.2017.55.4.510>
- Kusuma, H. S., Altway, A., & Mahfud, M. (2017c). Solvent-free microwave extraction of essential oil from dried patchouli (*pogostemon cablin* benth) leaves. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*.
<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.09.047>
- Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2015). Pengaruh daya dan rasio bahan pada ekstraksi kayu cendana (*santalum album*) dengan metode microwave hydrodistillation : optimasi menggunakan response surface methodology. *Jurnal Teknik Kimia*, 10(1), 19–25.
- Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2016). The extraction of essential oil from sandalwood (*santalum album*) by microwave air-hydrodistillation method. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(5), 1597–1606.
<https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.02.007>
- Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2017a). Comparison of conventional and microwave-assisted distillation of essential oil from *Pogostemon cablin* leaves: Analysis and modelling of heat and mass transfer. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 4, 55–65.
<https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2016.08.002>
- Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2017b). GC-MS analysis of essential oil of *Pogostemon cablin* growing in Indonesia extracted by microwave-assisted hydrodistillation. *International Food Research Journal*, 24(4), 1525–1528.
<https://doi.org/10.3311/PPch.XXXX>
- Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2017c). Microwave hydrodistillation for extraction

- of essential oil from *Pogostemon cablin* Benth: Analysis and modelling of extraction kinetics. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 4, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2016.08.001>
- Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2017d). The extraction of essential oils from patchouli leaves (*Pogostemon cablin* Benth) using a microwave air-hydrodistillation method as a new green technique. *RSC Adv.*, 7(3), 1336–1347. <https://doi.org/10.1039/C6RA25894H>
- Lagergren, S. (1898). About the theory of so-called adsorption of soluble substances. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*, 24(4), 1–39.
- Ma'mun. (2006). Karakteristik beberapa minyak atsiri famili zingiberaceae dalam perdagangan. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah Dan Obat*, 17(2), 91–98. Retrieved from <http://ejurnal.litbang.deptan.go.id/index.php/bultro/article/view/1956>
- Muhammad, Z., Yusoff, Z. M., Nordin, M. N. N., Kasuan, N., Taib, M. N., Rahiman, M. H. F., & Haiyee, Z. A. (2013). Steam distillation with induction heating system : analysis of kaffir lime oil compound and production yield at various temperatures. *Analytical Sciences*, 17(2), 340–347.
- Nadia, L. (2009). Analisis Kadar Air Bahan Pangan. *Bahan Ajar*, 1–30.
- Özek, T. (2012). Distillation parameters for pilot plant production of *Laurus nobilis* essential oil. *Records of Natural Products*, 6(2), 135–143.
- Pirbalouti, A. G., Mahdad, E., & Craker, L. (2013). Effects of drying methods on qualitative and quantitative properties of essential oil of two basil landraces. *Food Chemistry*, 141(3), 2440–2449. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.098>
- Preedy, V. R. (2016). *Essential Oil in food preservation, flavor and safety*. London: Nikki Levy.

- Reddad, Z., Gerente, C., Andres, Y., & Le Cloirec, P. (2002). Adsorption of several metal ions onto a low-cost biosorbent: kinetic and equilibrium studies. *Environmental Science Technology*, 36, 2067–2073.
- Santoso, H. . (1990). *Nilam bahan industri wewangian*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sastrohamidjojo, H. (2004). *Kimia Minyak Atsiri*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Setiawan, & Rosman, R. (2013). Produktivitas nilam nasional semakin menurun. *Balittro*, 8–11.
- Sonwa, M. M. (2000). *Isolation and structure elucidation of essential oil constituents*. University of Hamburg.
- Soto-Armenta, L. C., Sacramento-Rivero, J. C., Acereto-Escoffié, P. O., Peraza-González, E. E., Reyes-Sosa, C. F., & Rocha-Uribe, J. A. (2017). Extraction Yield of Essential Oil from *Lippia graveolens* Leaves by Steam Distillation at Laboratory and Pilot Scales. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 20(3), 610–621. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1331756>
- Tsai, Y., Hsu, H., Yang, W., & Tsai, W. (2007). α -Bulnesene , a PAF inhibitor isolated from the essential oil of *Pogostemon cablin*. *Fitoterapia*, 78, 7–11. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.09.016>
- Wang, X., Zhang, G., & Choi, C. Y. (2018). Effect of airflow speed and direction on convective heat transfer of standing and reclining cows. *Biosystems Engineering*, 167, 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.12.011>
- Yadav, A. A., Chikate, S. S., Vilat, R. B., Suryawanshi, M. A., & Kumbhar, G. B. (2017). Review on Steam distillation : A Promising Technology for Extraction of Essential Oil. *International Journal of Advance Engineering and Research*, 4(4), 667–671.

- Yahya, A., & Yunus, R. M. (2013). Influence of sample preparation and extraction time on chemical composition of steam distillation derived patchouli oil. *Procedia Engineering*, 53, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.001>
- Yuliarto, F. T., Khasanah, L. U., & Anandito, R. B. K. (2012). The influence of the raw materials sizes and the distillation methods (steam- water distillation and water distillation) to the quality of cinnamon bark essential oil (*cinnamomum burmannii*). *Jurnal Teknosains Pangan*, 1(1), 12–23.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A

PROSEDUR ANALISA

Besaran yang diukur dan analisa yang dilakukan:

- A. Perhitungan *yield* minyak atsiri
- B. Perhitungan *recovery* minyak atsiri
- C. Analisa berat jenis minyak atsiri
- D. Analisa kelarutan minyak atsiri dalam alkohol

Semua contoh perhitungan dari data variabel nilam kering pada ukuran utuh dengan rasio F/S 0,100 g/ml yang diekstraksi dengan metode *air-hydrodistillation*.

Prosedur Analisa

A. Perhitungan *Yield* Minyak Atsiri

1. Menimbang botol vial kosong yang dinotasikan sebagai A (gram)
2. Menimbang botol vial yang telah diisi minyak atsiri yang dinotasikan sebagai B (gram)
3. Menghitung massa minyak atsiri (gram) = B – A
4. Menghitung *yield* minyak atsiri dengan menggunakan persamaan:

$$Yield (\%) = \frac{\text{massa minyak atsiri yang dihasilkan}}{\text{massa bahan baku yang digunakan} \times (1 - \text{kadar air}(\%))} \times 100\%$$

Contoh perhitungan:

Massa bahan	= 1.000 gram
Laju alir udara	= 5 L/min
Massa vial kosong	= 9,9255 gram
Massa vial + minyak	= 18,1968 gram
Massa minyak	= 8,2713 gram
Kadar air	= 13,7765 %

Menghitung *yield* minyak atsiri untuk jam pertama:

$$Yield = \frac{8,2713 \text{ gr}}{1.000 \text{ gr} \times (1 - 0,1377)} \times 100\% = 0,9593 \%$$

B. Perhitungan *Recovery* Minyak Atsiri

- Melakukan ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan proses soxhletasi sebagai pembanding. Minyak nilam yang didapat dari proses soxhletasi dianggap sebagai total minyak atsiri yang terkandung dalam tanaman nilam.
- Ekstraksi dilakukan dengan 400 mL pelarut n-heksana pada temperatur 70-80°C sebanyak 20 siklus
- Hasil ekstraksi dengan metode soxhletasi yang berupa campuran minyak atsiri dan pelarut n-heksana selanjutnya dipisahkan dengan menggunakan *rotary vacuum evaporator*

- Perhitungan *yield* minyak hasil soxhletasi:

$$\text{Berat Bahan} = 35,3714 \text{ gr}$$

$$\text{Berat wadah} = 11,964 \text{ gr}$$

$$\text{Berat wadah+minyak} = 14,4543 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat minyak} &= (\text{Berat wadah+minyak}) - (\text{Berat wadah}) \\ &= 2,4903 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\text{Kadar air} = 13,7765\%$$

$$\begin{aligned}\text{Yield (\%)} &= \frac{\text{massa minyak atsiri yang dihasilkan}}{\text{massa bahan baku yang digunakan} \times (1 - \text{kadar air(\%)})} \times 100\% \\ &= 8,1653 \%\end{aligned}$$

Sehingga kandungan minyak atsiri yang terkandung dalam tanaman nilam adalah 8,1653 %

- Menghitung % *recovery* pada total yield akumulasi persatuan waktu selama proses ekstraksi hingga waktu 8 jam.

$$\text{Recovery (\%)} = \frac{\text{yield minyak atsiri hasil ekstraksi}}{\text{yield minyak atsiri hasil soxhlet}} \times 100\%$$

Kemudian dihitung % *recovery* tiap satuan waktunya dimulai dari awal proses ekstraksi (jam ke-1) hingga berakhirnya proses ekstraksi (jam ke-8)

$$\% \text{ Recovery Jam-ke 1} = \frac{0,9593}{8,1653} \times 100\% = 11,7483$$

Melakukan perhitungan yang sama hingga jam ke 8

$$\% \text{ Recovery Jam-ke 8} = \frac{3,0107}{8,1653} \times 100\% = 36,8713$$

Tabel A.1 Hasil minyak nilam dengan metode *air-hydrodistillation* pada ukuran bahan baku utuh dan rasio bahan 0,1 g/mL

Waktu (min)	Berat Minyak (g)	yield (%)	Recovery (%)
0	0	0	0
60	8.2713	0.9593	11.7483
120	12.8361	1.4887	18.2320
180	16.2966	1.8900	23.1472
240	18.8417	2.1852	26.7621
300	21.2860	2.4687	30.2339
360	23.1896	2.6895	32.9377
420	24.8068	2.8770	35.2348
480	25.9590	3.0107	36.8713

C. Perhitungan Berat Jenis Minyak Atsiri

- Menimbang piknometer kosong yang akan digunakan sebagai wadah menggunakan neraca analitik (W_1)
- Memasukkan minyak nilam ke dalam piknometer menggunakan pipet sebanyak 5 ml (V)
- Menimbang berat piknometer + minyak nilam (W_2)

$$\text{Massa piknometer kosong } (W_1) = 13,8344 \text{ g}$$

$$\text{Massa piknometer + minyak } (W_2) = 18,8284 \text{ g}$$

$$\text{Massa minyak } (W_m) = 4,9940 \text{ g}$$

$$\text{Volume minyak } (V) = 5,1326 \text{ mL}$$

Berat jenis minyak nilam (ρ_m) pada suhu 30°C

$$\rho_m = \frac{W_m}{V} = \frac{4,9940 \text{ g}}{5,1326 \text{ mL}} = 0,9730 \text{ g/mL}$$

Nilai koreksi berat jenis minyak nilam dengan perubahan temperatur setiap 1°C masing-masing adalah 0,00073 (Guenther, 1987).

Maka berat jenis minyak nilam (ρ_m) pada suhu 25°C

$$= 0,9730 + (5 \times 0,00073)$$

$$= 0,9766 \text{ g/mL}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Maka berat jenis minyak nilam } (\rho_m) \text{ pada suhu } 20^\circ\text{C} \\
 &= 0,9766 + (10 \times 0,00073) \\
 &= 0,9803 \text{ g/mL}
 \end{aligned}$$

D. Perhitungan Kelarutan Minyak Atsiri dalam Alkohol

- a. Mengambil minyak nilam dengan menggunakan pipet volume sebanyak 1 ml (V_1) dan memasukkan ke dalam tabung reaksi.
- b. Menambahkan ethanol 90% setiap 1 ml ke dalam tabung reaksi dan mencatat volume ethanol 90% (V_2) yang dibutuhkan untuk melarutkan minyak nilam
- c. Menghitung nilai kelarutan minyak nilam

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

$$V_2 = 9 \text{ mL}$$

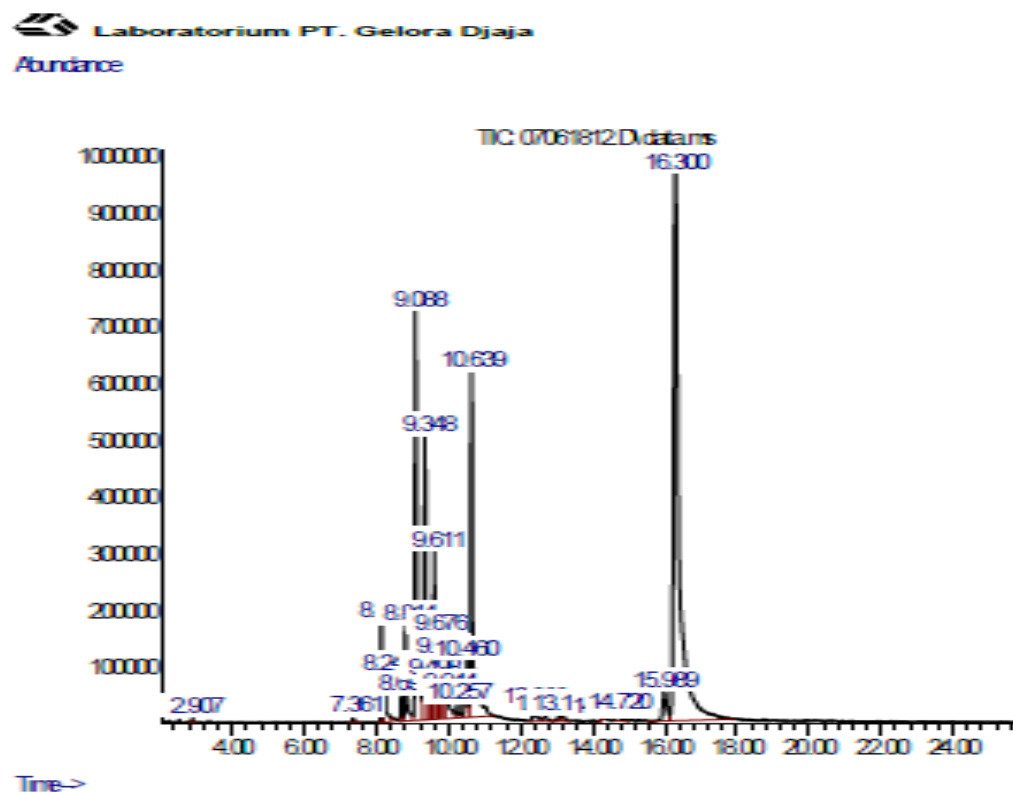
$$\begin{aligned}
 \text{Kelarutan} &= V_1 : V_2 \\
 &= 1 \text{ mL} : 9 \text{ mL} \\
 &= 1 : 9
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN B
HASIL ANALISA KOMPONEN DENGAN GC-MS

Tabel.B.1 Hasil analisa GC-MS minyak nilam dengan berbagai metode

Metode	<i>Patchouli alcohol</i>		Jumlah komponen
	R.T. (min)	% Area (Normalisasi)	
<i>Hydrodistillation</i> utuh	16.298	45.91	24
<i>Hydrodistillation</i> cacah	16.298	44.88	21
<i>Air-hydrodistillation</i> utuh	16.382	44.5	11
<i>Air-hydrodistillation</i> cacah	16.303	46.23	14
<i>Steam Distillation</i> utuh			

1. Hasil analisa komponen minyak nilam hasil ekstraksi dengan metode hydrodistillation dan ukuran bahan baku utuh.



Gambar B.1 Hasil GC-MS sampel hasil metode *hydrodistillation* dengan bahan baku utuh kering

Tabel B.2 Analisa komponen GC-MS sampel hasil metode *hydrodistillation* dengan bahan baku utuh kering

No	Compound	Utuh (Hydrodistillation)	
		R.T. (min)	% Area
	Monoterpenes		
1	β -Pinene	2,907	0,06
2	Terpinolene	7,36	0,11
	Sesquiterpenes		
3	β -patchoulene	8,143	1,8
4	β -Elemene	8,238	1,43
5	Caryophyllene	8,815	2,47
6	α -Guaiene	9,09	10,05
7	Seychellene	9,349	7,67

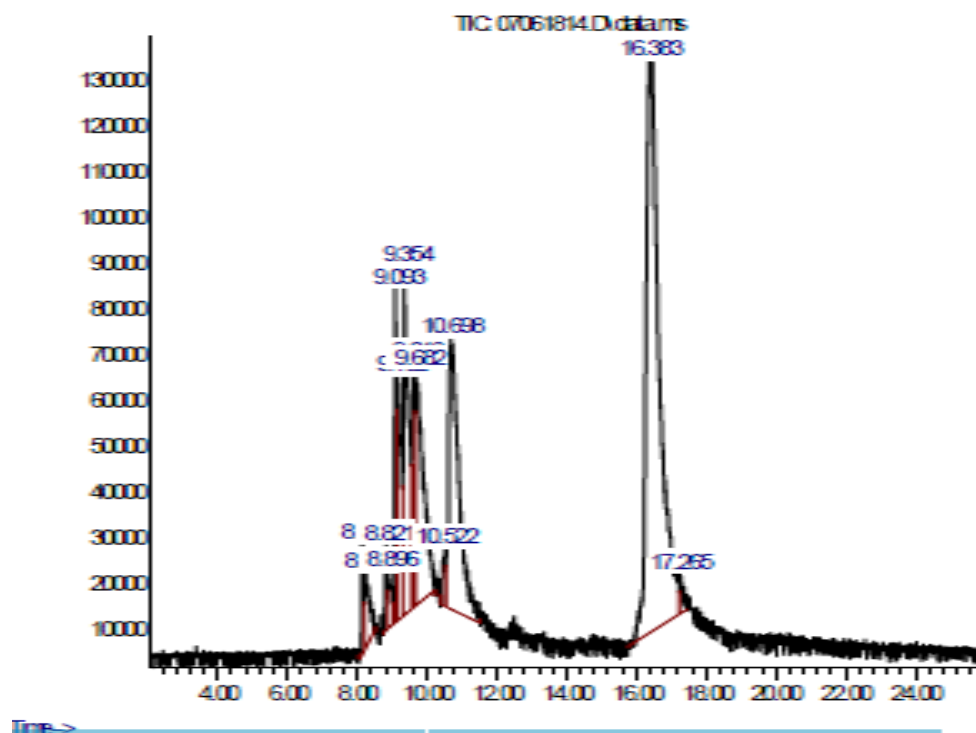
No	Compound	Utuh (Hydrodistillation)	
		R.T. (min)	% Area
8	cis-.alpha.-Bisabolene	9,497	1,35
9	α -patchoulene	9,613	4,25
10	α -Patchoullene	9,677	1,97
11	β -guaiene	9,735	1,79
12	10s,11s-Himachala-3(12),4-diene	9,946	1,72
13	α -gurjunene	10,258	0,53
14	Cedrene-V6	10,459	1,93
15	α -bulnesen	10,639	12,45
16	beta-seline	15,991	1,78
Oxygenated sesquiterpenes			
17	6-Hydroxymethyl 2-oxabicyclo[3.3.0]oct-6-en-3-one CAS)	13,072	0,26
18	6-Hydroxymethyl 2-oxabicyclo[3.3.0]oct-6-en-3-one	13,172	0,3
19	Patchouli alcohol	16,300	45,91
Other compounds			
20	Pentorex	12,691	0,31
21	2,4-Dimethylamphetamine	14,294	0,07
22	Formamidine	14,722	0,48
Other oxygenated compounds			
23	Cinerin	8,693	0,55
24	exo-Epoxyde derivative of methyl ester of 12-hydroxy-13-methylidene-17-decarboxyl-12,13-dihydroisoagathic acid	12,369	0,76
Total Area			100,00

%Area yang didapat adalah 100%, sehingga dapat dikatakan data yang tersedia pada **Tabel B.2** telah ternormalisasi

2. Hasil analisa komponen minyak nilam hasil ekstraksi dengan metode *air-hydrodistillation* dan ukuran bahan baku utuh kering.

 Laboratorium PT. Gelora Djaja

Abundance



Gambar B.2 Hasil GC-MS sampel hasil metode *air-hydrodistillation* dengan bahan baku utuh kering

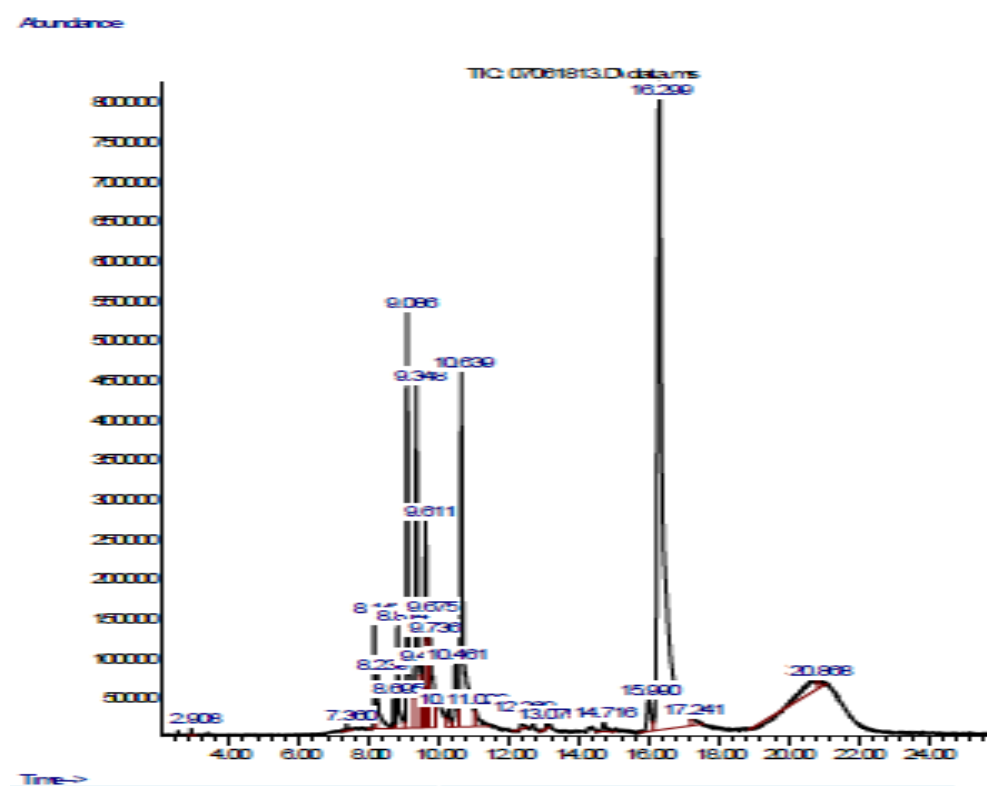
Tabel B.3 Analisa komponen GC-MS sampel hasil metode *air-hydrodistillation* dengan bahan baku utuh kering

No	Compound	Utuh (<i>air-hydrodistillation</i>)	
		R.T. (min)	% Area
	Sesquiterpenes		
1	β -patchoulene	8,148	3,07
2	Aromadendrene	8,82	0,77
3	β -caryophyllene	8,899	1,21
4	α -Guaiene	9,095	8,69
5	Seychellene	9,354	10,14
6	α -Patchoullene	9,618	2,93
7	10s,11s-Himachala-3(12),4-diene	9,682	11,2

No	Compound	Utuh (<i>air-hydrodistillation</i>)	
		R.T. (min)	% Area
8	α -bulnesen	10,697	15,86
9	beta-seline	10,523	0,89
10	Oxygenated sesquiterpenes Patchouli alcohol	16,383	44,5
11	Other oxygenated compounds 2,6-Dimethyl- γ -pyrone	17,266	0,73
	Total Area		99,99

%Area yang didapat mendekati 100%, sehingga dapat dikatakan data yang tersedia pada Tabel B.3 telah ternormalisasi.

- Hasil analisa komponen minyak nilam hasil ekstraksi dengan metode *hydrodistillation* dan ukuran bahan baku cacah.




Gambar B.3 Hasil GC-MS sampel hasil metode *hydrodistillation* dengan bahan baku cacah kering

Tabel B.4 Analisa komponen GC-MS sampel hasil metode *hydrodistillation* dengan bahan baku cacah kering

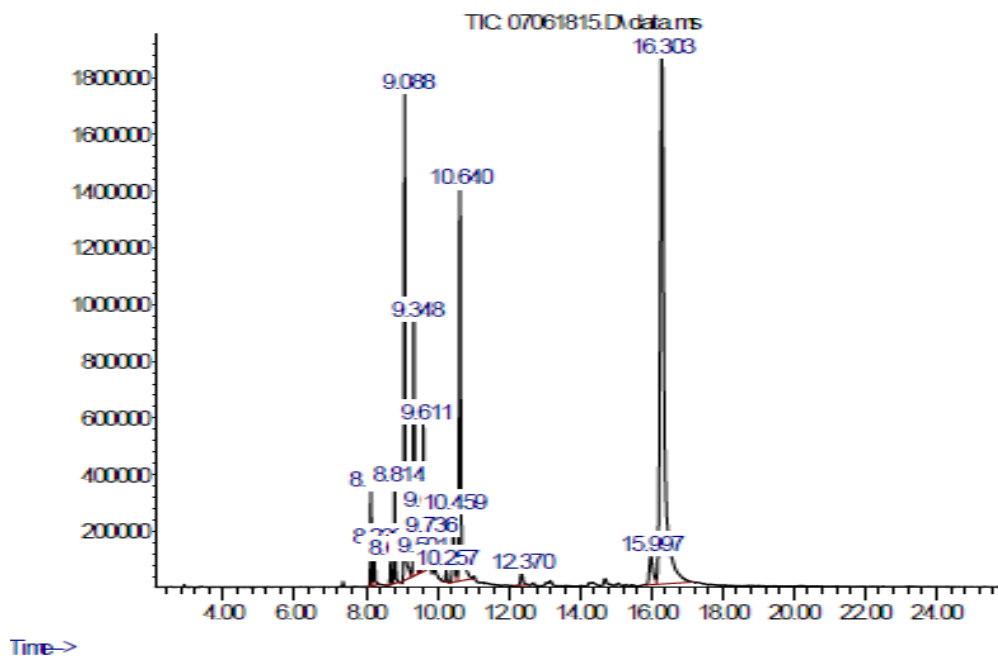
No	Compound	Cacah (<i>hydrodistillation</i>)	
		R.T. (min)	% Area
	<i>Monoterpenes</i>		
1	β -Pinene	2,907	0,1
2	Terpinolene	7,36	0,2
	<i>Sesquiterpenes</i>		
3	β -patchoulene	8,143	1,55
4	β -Elemene	8,238	1,75
5	α -Guaiene	9,084	8,95
6	Seychellene	9,348	8,02
7	α -patchoulene	9,613	4,32
8	α -gurjunene	9,676	6,5
9	α -bulnesen	10,639	13,31
10	Iso-caryophyllene	8,814	2,24
11	α -Caryophyllene	9,497	1,49
12	Alloaromadendren	10,459	1,83
13	beta-humulene	11,03	0,93
	<i>Oxygenated sesquiterpenes</i>		
14	Patchouli alcohol	16,299	44,88
	<i>Other compounds</i>		
15	Pentorex	13,077	0,14
16	Biformen	12,368	0,33
17	n-Eicosane	20,867	0,34
	<i>Other oxygenated compounds</i>		
18	Pyridine, 3-ethyl-, 1-oxide (CAS)	8,693	0,49
19	Methyl [4-(methoxycarbonyl)phenyl]methyl 1,4-benzenedicarboxylate	14,716	0,55
20	(E)-2-(Carbomethoxy)-3-[(E)-3-hydroxyoct-1-en-1-yl]cyclopentanone	17,239	0,51
21	n-Tetratriacontane	20,777	1,6
	Total Area		100,03

%Area yang didapat mendekati 100%, sehingga dapat dikatakan data yang tersedia pada **Tabel B.4** telah ternormalisasi

4. Hasil analisa komponen minyak nilam hasil ekstraksi dengan metode air-hydrodistillation dan ukuran bahan baku cacah.

 **Laboratorium PT. Gelora Djaja**

Abundance



Gambar B.4 Hasil GC-MS sampel hasil metode *air-hydrodistillation* dengan bahan baku cacah kering

Tabel B.5 Analisa komponen GC-MS sampel hasil metode *air-hydrodistillation* dengan bahan baku cacah kering

No	Compound	Cacah (<i>air-hydrodistillation</i>)	
		R.T. (min)	% Area
	Sesquiterpenes		
1	β -patchoulene	8,143	2,11
2	β -Elemene	8,238	1
3	Caryophyllene	8,813	2,43
4	α -Guaiene	9,090	27,16
5	Seychellene	9,349	7,44
6	α -patchoulene	9,613	4,18
7	beta-seline	9,502	0,47
8	beta-humulene	15,996	2,21
9	Allethrine	8,693	0,53

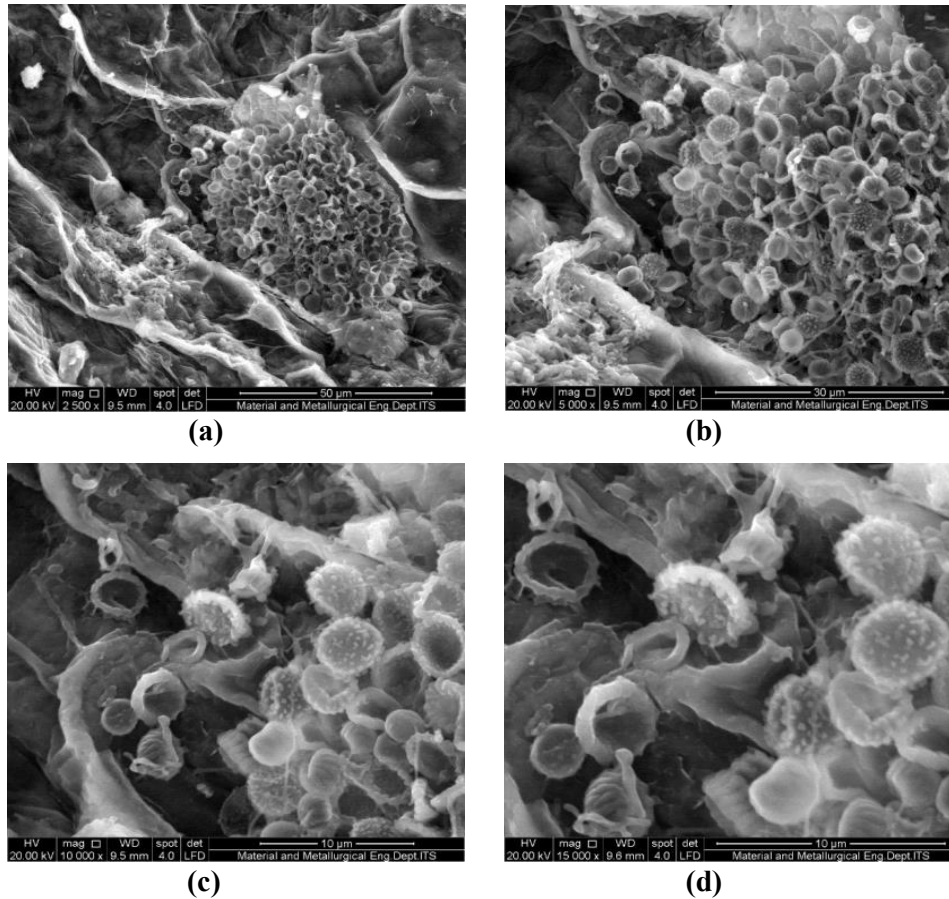
No	Compound	Cacah (<i>air-hydrodistillation</i>)	
		R.T. (min)	% Area
10	α -elemene	9,677	2,49
11	β -Maaliene	10,258	0,39
12	Achiphyllene	10,459	2,27
13	<i>Oxygenated sesquiterpenes</i> Patchouli alcohol	16,303	46,23
14	<i>Other oxygenated compounds</i> o-Xylenol	12,368	0,63
	Total Area		99,94

%Area yang didapat mendekati 100%, sehingga dapat dikatakan data yang tersedia pada Tabel B.5 telah ternormalisasi

LAMPIRAN C

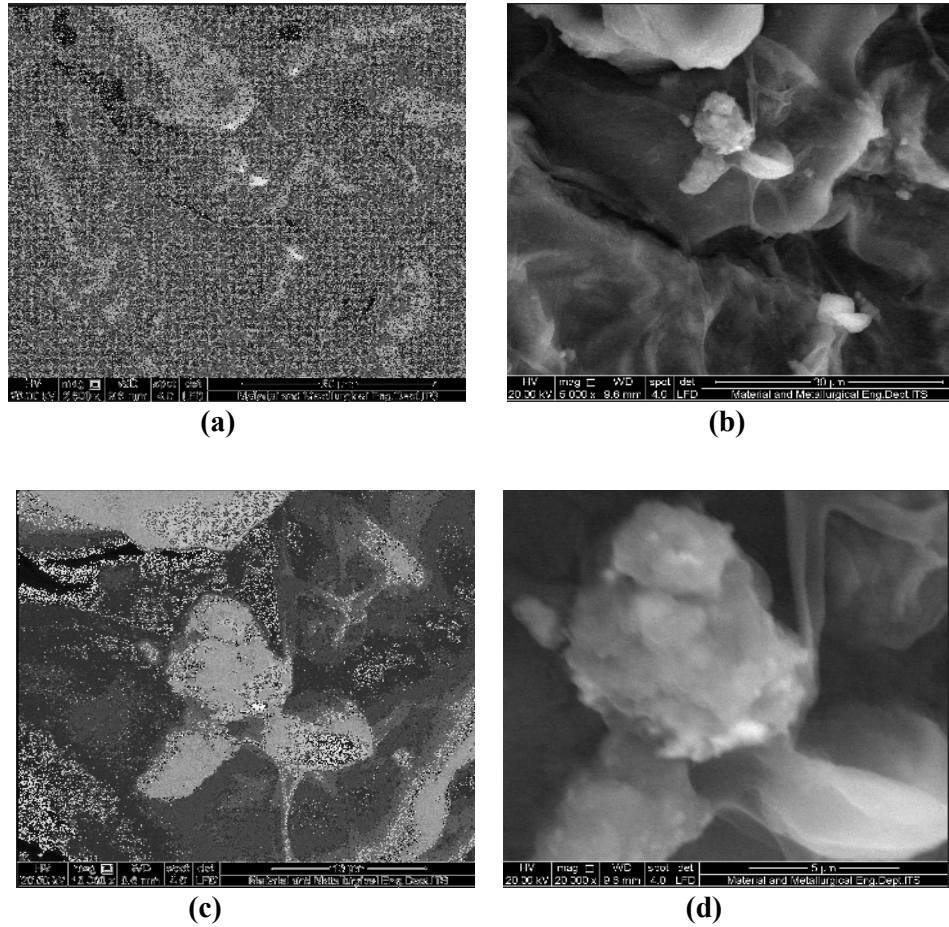
HASIL ANALISA SEM

1. Hasil Analisa SEM Daun Nilam Kering Sebelum Ekstraksi



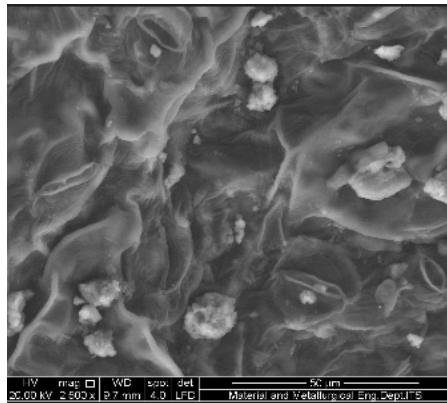
Gambar C.1 Hasil analisa SEM daun nilam kering sebelum ekstraksi dengan perbesaran : (a) 2.500 kali (b) 5.000 kali (c) 10.000 kali (d) 15.000 kali

2. Hasil Analisa SEM Daun Nilam Kering Setelah Diekstrak dengan Metode *Hydrodistillation*

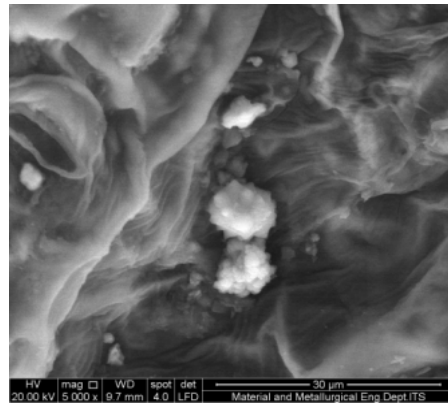


Gambar C.2 Analisa SEM daun nilam kering setelah diekstrak dengan metode *hydrodistillation* dengan perbesaran : (a) 2.500 kali (b) 5.000 kali (c) 10.000 kali (d) 20.000 kali

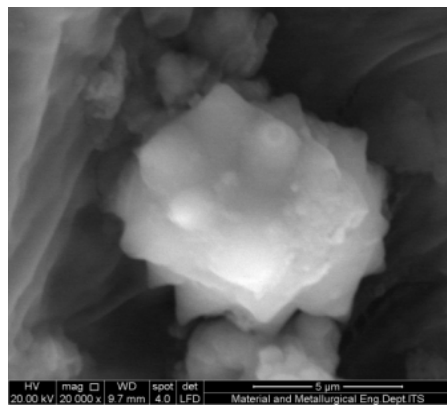
3. Hasil analisa SEM daun nilam kering setelah diekstrak dengan metode *air-hydrodistillation*



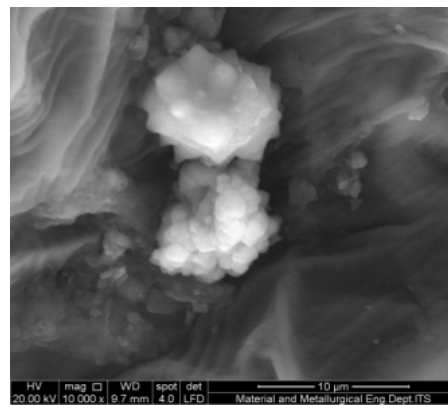
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar C.3 Analisa SEM daun nilam kering setelah diekstrak dengan metode *air-hydrodistillation* dengan perbesaran : (a) 2.500 kali (b) 5.000 kali (c) 10.000 kali (d) 20.000 kali

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS



Penulis yang bernama Iqbal Kamar dilahirkan di Kota Langsa, Aceh pada tanggal 05 Januari 1993. Penulis yang merupakan anak kedua dari 3 bersaudara ini besar dan tumbuh di Kota Langsa. Pendidikan formal yang dilalui penulis: MIN PILOT Langsa pada tahun 1999 – 2005, SMPN 1 Langsa pada tahun 2005 – 2008, SMAN 1 Langsa pada tahun 2008 – 2011, dan S1 Teknik Kimia di Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 2011 – 2016

dengan mengambil judul skripsi “Adsorpsi Ion Logam Berat Chromium (III) Dan Cadmium (II) Dalam Limbah Cair Menggunakan Adsorben Dari Ampas Kopi”.

Pada tahun 2016, penulis melanjutkan pendidikan Masternya di Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada jurusan Teknik Kimia dengan bidang keahlian Teknologi Proses. Pada tahap ini penulis melanjutkan dan mendalami penelitian terkait ekstraksi minyak atsiri di Laboratorium Teknologi Proses Kimia yang dibimbing langsung oleh Dr. Lailatul Qadariah., S.T., M.T dan Kepala Laboratorium Teknologi Proses Kimia, Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA dan pada tanggal 18 Januari 2019 berhasil melalui sidang Tesis.

Dalam penyusunan Tesis yang berjudul “**Ekstraksi Minyak Atsiri dari Daun Nilam (*Pogostemon Cablin Benth*) Menggunakan Metode *Air-Hydrodistillation* dan *Steam Distillation* dengan Skala Besar**” ini penulis telah mengikuti beberapa seminar Internasional. Bagian dari Tesis ini telah diseminarkan di: 1st International Symposium of Indonesian Chemical Engineering (ISICChem) 2018 yang diadakan oleh Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Universitas Bung Hatta dan Asosiasi Pendidikan Tinggi Teknik Kimia Indonesia serta telah dipublikasikan pada jurnal CET (Chemical Engineering Transaction) (Volume. 72, tahun 2019).

Satu hal yang saat ini masih diupayakan oleh penulis, yaitu mengembangkan Teknologi Proses Kimia yang berhasil mengantarkan penulis pada gelar Magister Teknik (M.T.). Mohon doa dari para pembaca agar upaya penulis ini dapat tercapai, sehingga metode yang dikembangkan dapat digunakan untuk mengekstraksi minyak atsiri dengan lebih efektif dan efisien.

Selanjutnya untuk korespondensi penulis dapat dihubungi pada: iqbalkamar11@gmail.com dan 0852 9766 7607.